VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Optimalizace měnového portfolia se zahrnutím transakčních nákladů

The optimization of the currency portfolio with transaction costs

Student: Bc. Katarína Hatiarová

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2009

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou práci vypracovala samostatně. Přílohy dané mi k dispozici jsem samostatně doplnila.

Datum odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

………………………………………………..
jméno a příjmení studenta

Obsah

1 Úvod

V současné době je devizový trh největším mezinárodním finančním trhem. V roce 2007 byl průměrný denní devizový obrat spotových operací světového trhu přes 1 000 mld. USD, jednalo se tedy o 30% průměrného denního devizového obratu všech operací světového trhu. Na českém trhu je hodnota tohoto obratu v r. 2008 téměř 1 557 mil. USD a spotovými operacemi je tak tvořeno 17% celkového průměrného denního devizového obratu v České republice. Podíl investic do měn za spotové kurzy tedy jen okrajovou záležitostí a úloha sestavení optimálního portfolia měn stojí před nejedním investorem.

Cílem práce je sestavení optimálního portfolia měn se zahrnutím transakčních nákladů pro investory s různým vztahem k riziku.

V kapitole *Popis metodiky tvorby modelu* bude provedena analýza problému sestavení optimálního portfolia aktiv, poté bude popsán postup výpočtu základních parametrů a postup sestavení optimálních portfolií podle základních modelů. Nakonec budou popsány možnosti simulace náhodného vývoje finančních instrumentů včetně simulace hodnoty portfolia těchto instrumentů.

V kapitole *Popis a analýza vývoje vybraných měn* bude charakterizován devizový trh, jeho velikost a struktura včetně jejich vývoje ve vybraných letech, a to v celosvětovém měřítku i v rámci České republiky. Dále budou zmíněny faktory ovlivňující pohyb měnového kurzu a ukázán vývoj hlavních měn (tj. měn, se kterými se nejvíce obchoduje) v letech 1999 až 2009.

V kapitole *Optimalizace měnového portfolia se zahrnutím transakčních nákladů* budou sestavena optimální portfolia měn pro investory s různým vztahem k riziku. Nejprve bude provedena predikce parametrů modelu, poté budou pomocí takto predikovaných parametrů sestavena výchozí optimální portfolia, tj. budou zjištěna jejich složení a výnosy. Poté bude provedeno sestavení nových portfolií a budou zjištěny celkové výnosy portfolií za sledované období. Vše bude provedeno pro portfolia se zahrnutím transakčních nákladů ve výpočtu i pro portfolia bez zahrnutí těchto nákladů. V poslední podkapitole této kapitoly bude provedeno závěrečné shrnutí výsledků.

2 Popis metodiky tvorby modelu

V této kapitole bude nejprve provedena analýza problému sestavení optimálního portfolia aktiv (podkapitola 2.1). Dále bude popsán postup výpočtu základních parametrů a postup sestavení optimálních portfolií podle základních modelů (podkapitola 2.2). Nakonec budou v poslední podkapitole (2.3) popsány možnosti simulace náhodného vývoje finančních instrumentů včetně simulace hodnoty portfolia těchto instrumentů. Vše převzato převážně od Zmeškala (2004) s výjimkou částí týkajících se transakčních nákladů, pro ty viz Chincarini, Kim (2006).

2.1 *Analýza problému*

Investice do akcií a měn patří mezi nejrizikovější investice. Aby byla minimalizována rizika spojená s investováním a aby byl nalezen optimální (tj. nejlepší možný) poměr výnosů k rizikům, je vytvářeno portfolio (tj. soubor) cenných papírů.

Rizikovost portfolia závisí na míře korelace pohybu výnosu jednotlivých aktiv v portfoliu. Lze tedy rozlišit:

- *aktiva s pozitivně korelovanými výnosy*, jejichž výnos se pohybuje identicky, tj. jejichž očekávané výnosy rostou či klesají se stejnou pravděpodobností,
- *aktiva s negativně korelovanými výnosy*, pro která je charakteristický inverzní pohyb výnosů a pro která platí, že šance na vysoký výnos u jedné investice není doprovázena šancí na výnos u akcie druhé,
- *aktiva nekorelovaná*, jejichž výnosy nejsou v žádném vztahu a korelační koeficient je pro ně roven nule.

Snížení celkového rizika portfolia pak lze provést kombinací takových aktiv, která nejsou pozitivně korelována.

Hledání optimálního portfolia finančních aktiv patří mezi základní úlohy finančního modelování. Tato úloha je nejčastěji formulována jako stochastická s náhodnými parametry (kterými jsou např. výnosy) v účelové funkci. Účelové funkce lze rozdělit do dvou skupin.

Do první skupiny patří kritéria, která jsou souhrnně nazývána jako *safety first* (bezpečnost především) a jejichž cílem je vytvořit portfolio s eliminací extrémních ztrát. Do této skupiny patří např. kritérium value at risk nebo minimalizace střední hodnoty ztráty.

Druhá skupina je tvořena kritériem *střední hodnoty funkce užitku*, na kterém jsou založeny spotřební a portfolio modely. Za určitých předpokladů (náhodné veličiny mají normální rozdělení, užitková funkce má kvadratický tvar, nebo je aproximována Taylorovým rozvojem druhého stupně) lze úlohu formulovat na bázi mean-variance modelu, tj. vyjádřit rozdělení pravděpodobnosti pouze pomocí dvou parametrů, kterými jsou střední hodnota a rozptyl, resp. směrodatná odchylka. Mezi základní mean-variance modely patří Markowitzův model, Blackův model a Tobinův model.

Možností řešení portfolia aktiv mohou být tři množiny:

- *přípustná množina*, která vyjadřuje veškeré kombinace rizika a výnosu, jež mohou nastat,
- *efektivní množina*, neboli nedominovaná či Paretovsky optimální množina, která je tvořena z přípustné množiny nejlepšími kombinacemi rizika a výnosu (nelze tedy zlepšit jeden parametr, aniž by došlo k zhoršení parametru druhého),
- *optimální množina*, která je závislá na postoji investora k riziku, jedná se tedy o konkrétní rozhodnutí, které investor provede, a závisí na užitkové funkci – tam, kde se indiferenční křivka dotkne efektivní množiny je optimální řešení pro daného investora.

2.1.1 Markowitzův model

Jedná se o mean-variance model, jehož hlavní předpoklady jsou následující:

- model je použitelný pouze na 1 období,
- investor je rizikově averzní,
- existuje informačně dokonalý trh,
- aktiva jsou nekonečně dělitelná (do portfolia lze vložit libovolný podíl aktiva),
- rozdělení pravděpodobnosti je redukováno na 2 parametry – na střední hodnotu $E(R)$ a na rozptyl $\sigma^2(R)$, resp. směrodatnou odchylku $\sigma(R)$,
- není dovolen krátký prodej,

- jsou zanedbávány transakční náklady a daně,
- je investováno pouze do rizikových aktiv.

2.1.2 Blackův model

Také Blackův model je Mean – Variance model, jehož hlavní předpoklady jsou stejné jako předpoklady Markowitzova modelu s jedinou výjimkou – připouští se krátký prodej do rizikových aktiv, přičemž lze rozlišit tzv. neomezený a omezený krátký prodej.

2.1.3 Tobinův model

Předchozí dva modely jsou založeny na předpokladu, že je možno investovat pouze do rizikových aktiv. Tyto modely jsou rozšířeny o předpoklad, že existuje bezrizikové aktivum, které lze neomezeně zařadit do portfolia. Připouští se tedy neomezené investování do bezrizikového aktiva (zapůjčování) nebo krátký prodej (vypůjčování). Takto rozšířené modely tvoří třídu modelů, která je nazývána Tobinův model. Existuje několik variant těchto modelů:

- bezrizikové aktivum je možné pouze zapůjčovat,
- bezrizikové aktivum je přípustné pouze vypůjčovat,
- je přípustné vypůjčovat i zapůjčovat bezrizikové aktivum za stejnou bezrizikovou sazbu (jedná se vlastně o model CAPM),
- je přípustné zapůjčovat i vypůjčovat za bezrizikové sazby, které jsou však odlišné.

Důležitým pojmem je tzv. *tržní portfolio*, které je složeno ze všech rizikových aktiv na trhu. Dílčí podíl těchto aktiv v tržním portfoliu odpovídá rovnovážné hodnotě jejich tržní kapitalizace. Jedná se o optimální portfolio investora, který investuje do všech rizikových aktiv, jež jsou na trhu, a má averzní postoj k riziku, jelikož je dosahováno maximálního poměru dodatečného očekávaného výnosu (riziková prémie) a rizika (směrodatná odchylka).

Pokud je investováno jen do některých rizikových aktiv, je lze opět najít optimální portfolio. Takové portfolio se však nazývá *tangenciální portfolio*.

2.1.4 Transakční náklady

Transakčními náklady se obecně rozumí poplatek, který je placen zprostředkovateli za provedení daného příkazu, tj. za nákup či prodej daného aktiva. Existují dva typy skrytých transakčních nákladů: rozdíl mezi nabídkovou a poptávkovou cenou (tzv. *bid-ask spread*) a tzv. *price impact* (cenový dopad).

Pro *bid-ask spread* platí, že čím menší je likvidita daného aktiva, tím větší je rozdíl mezi jeho kupní a prodejní cenou. Vzhledem k tomu, že velikost tohoto rozdílu je proměnlivá v čase, je její zjištění obtížné. Po srovnání poptávkové ceny v jednom okamžiku s nabídkovou cenou v jiném okamžiku, není jisté, zda je zjištěný rozdíl způsoben rozdílnou rovnovážnou cenu, nebo zda je důvodem bid-ask spread.

Price impact souvisí s tím, že při nákupu či prodeji velkého objemu daného aktiva může dojít ke změně ceny tohoto aktiva. Tím je způsobeno, že investor zaplatí více (při koupi) nebo vydělá méně (při prodeji) než v případě, kdy by ke změně ceny nedošlo (tj. cena by byla stejná jako před zahájením obchodu). Průměrná cena obchodovaného aktiva je tedy větší než jeho cena před zahájením obchodu. Tento rozdíl je nákladem cenového dopadu.

Obecně je nemožné předvídat přesnou hodnotu transakčních nákladů a zvláště to platí pro náklady price impact a bid-ask spread.

2.2 Obecná matematická formulace problému

Pro sestavení portfolia je nutné nejprve ze vstupních údajů vypočíst důležité veličiny, kterými jsou výnos akcií za jednotlivá období a jejich očekávaný výnos, rozptyl a směrodatná odchylka. Také je nutné sestavit kovarianční matici, jejímiž prvky jsou kovariance (tj. statistické závislosti) dvou aktiv.

2.2.1 Výpočet veličin pro jedno aktivum

Výnos u akcií je určen jako **spojitý výnos**, podle následujícího vztahu:

$$R_{i,t} = \ln \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}}, \qquad (1)$$

kde R_i je spojitý výnos i-tého aktiva, P_t je cena aktiva v daném období, P_{t-1} je cena aktiva v předcházejícím období.

Pokud jsou sledovaná období různé délky (mají různý počet obchodních dnů), je nutné převést vypočtené výnosy na výnosy za stejné období. Na roční výnos se daný vypočtený výnos převede následovně:

$$R_i = R_{i\,vyp} \cdot \frac{250}{d},$$

kde $R_{i\,vyp}$ je vypočtený výnos i-tého aktiva, R_i je roční výnos i-tého aktiva, d je počet obchodních dnů ve sledovaném období.

Očekávaná výnosnost jednoho aktiva je dána průměrem výnosů daného cenného papíru.

$$E(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_i R_i ,$$

kde $E(R_i)$ je očekávaná výnosnost daného aktiva, N je počet sledovaných období, R_i je výnos daného aktiva za dané období.

Rozptyl jednoho aktiva lze vypočíst podle níže uvedeného vztahu:

$$\sigma^2(R_i) = \frac{1}{N} \sum_t \left[R_{it} - E(R_i)\right]^2,$$

kde $\sigma^2(R_i)$ je rozptyl jednoho aktiva.

Směrodatná odchylka (neboli míra variability) jednoho aktiva se rovná odmocnině z rozptylu tohoto aktiva:

$$\sigma(R_i) = \sqrt{\sigma^2(R_i)}, \qquad (2)$$

kde $\sigma(R_i)$ je směrodatná odchylka jednoho aktiva.

2.2.2 Výpočet veličin pro portfolio

Očekávaná výnosnost portfolia, které je sestaveno z N počtu aktiv, je dána váženým průměrem výnosnosti jeho aktiv:

$$E(R_P) = \sum_{i=1}^{N} x_i \cdot E(R_i), \tag{3}$$

kde $E(R_P)$ je očekávaná výnosnost portfolia, x_i je podíl počáteční hodnoty portfolia investovaný do i-tého aktiva, $E(R_i)$ je očekávaná výnosnost i-tého aktiva, N je počet aktiv v portfoliu.

Směrodatná odchylka portfolia se vypočte podle následujícího vzorce:

$$\sigma_P = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{ij}},$$

kde σ_P je směrodatná odchylka portfolia, x_i je podíl počáteční hodnoty portfolia investovaný do i-tého aktiva, x_j je podíl počáteční hodnoty portfolia investovaný do j-tého aktiva, σ_{ij} je kovariance mezi i-tým a j-tým aktivem, N je počet aktiv v portfoliu.

Kovariance vyjadřuje statistickou závislost sledovaných veličin a vypočte se následovně:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N} \cdot \sum_t [R_{it} - E(R_i)] \cdot [R_{jt} - E(R_j)],$$

kde σ_{ij} je kovariance mezi i-tým a j-tým aktivem, R_{it} je výnos i-tého aktiva v čase t, R_{jt} je výnos j-tého aktiva v čase t, $E(R_i)$ je očekávaná výnosnost i-tého aktiva, $E(R_j)$ je očekávaná výnosnost j-tého aktiva, N je počet aktiv v portfoliu.

Kovariance může nabývat hodnot z intervalu (- ∞ ; ∞). Pokud je větší než nula, jedná se o tzv. pozitivní kovarianci (veličiny se mění souhlasně), pokud je menší než nula, jde o tzv. negativní kovarianci (veličiny se mění rozdílně), a pokud je kovariance rovna nule, jedná se o nezávislé veličiny.

V souvislosti s kovariancí se lze setkat také s pojmem **korelace**. Jedná se o tzv. normovanou kovarianci, tj. o kovarianci převedenou do intervalu <-1;1>. Lze ji vypočíst pomocí následujícího vzorce:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \tag{4}$$

kde ρ_{ij} je korelace mezi i-tým a j-tým aktivem, σ_{ij} je kovariance mezi i-tým a j-tým aktivem, σ_i je směrodatná odchylka i-tého aktiva, σ_j je směrodatná odchylka j-tého aktiva.

Je-li hodnota korelace větší než nula, jedná se o přímou závislost dvou veličin, pokud korelace nabude hodnoty +1, jedná se o perfektní přímou závislost, je-li hodnota korelace rovna nule, mezi sledovanými veličinami není statistická závislost, pokud je hodnota korelace menší než nula, jde o nepřímou závislost, a hodnota korelace rovna -1 představuje perfektní nepřímou závislost sledovaných veličin.

2.2.3 Markowitzův model

Pro sestavení optimálního portfolia aktiv podle Markowitzova modelu je, po výpočtu předcházejících ukazatelů, nutné nalézt krajní body efektivní množiny, tj. bod s minimálním rizikem (efektivní portfolio *A*) a bod s maximálním středním výnosem (efektivní portfolio *B*), a pak vnitřní body efektivní množiny (efektivní portfolia *C* až *H*). Jedná se tedy a řešení tří typů úloh.

Formulace úlohy A pro minimální riziko (efektivní portfolio A) je následující.

Účelová funkce $\sigma_P \rightarrow \min.$

Omezující podmínky $\sum_i x_i = 1,$ (P1)

$$x_i \geq 0 \text{, pro } i = 1,2,...N \text{,} \tag{P2}$$

kde $$\sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}} \text{.} \tag{R1}$$

Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná minimální směrodatná odchylka portfolia. Podmínkou (P1) je stanoveno, že součet všech relativních podílů x_i je roven jedné, je tedy možné investovat jen tolik prostředků, kolik jich je k dispozici. Podmínky (P2) jsou podmínkami nezápornosti, jelikož není dovolen krátký prodej. Rovnicí (R1) je formulován výpočet směrodatné odchylky portfolia.

Formulace úlohy B pro maximální očekávaný výnos (efektivní portfolio B) je následující.

Účelová funkce $E(R_P) \rightarrow \max.$

Omezující podmínky $$\sum_i x_i = 1, \tag{P1}$$

$$x_i \geq 0 \text{, pro } i = 1,2,...N \text{,} \tag{P2}$$

kde $$E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_i) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}). \tag{R1}$$

Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná maximální hodnota očekávaného výnosu při daných omezeních. Podmínky (P1) a (P2) jsou shodné s úlohou *A*. Rovnicí (R1) je formulován výpočet střední hodnoty výnosu hledaného portfolia.

Formulace úloh C až H pro vnitřní ekvidistantní body (efektivní portfolia C až H) je následující.

Účelová funkce $\sigma_P \rightarrow \min.$

Omezující podmínky $$\sum_i x_i = 1, \tag{P1}$$

$$x_i \geq 0 \text{, pro } i = 1,2,...N \text{,} \tag{P2}$$

$$E(R_P) = E(R_{P-generovan\acute{e}}) \text{,} \tag{P4}$$

kde $$\sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}}\,, \tag{R1}$$

$$E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_i) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}). \tag{R2}$$

Úloha slouží k nalezení efektivního portfolia pro předem stanovenou (generovanou) hodnotu očekávaného výnosu portfolia. Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná minimální směrodatná odchylka portfolia. Podmínky (P1) a (P2) jsou shodné s předchozími úlohami. Podmínkou (P4) je zajištěn požadavek, že očekávaný výnos $E(R_P)$ efektivního portfolia se bude rovnat požadované střední hodnotě výnosu $E(R_{P-generované})$ v ekvidistantním bodě stanoveném předem.

2.2.4 Blackův model

Postup k sestavení efektivní množiny portfolia podle Blackova modelu je obdobný jako u Markowitzova modelu. Nejprve je tedy nalezeno efektivní portfolio s minimálním rizikem (portfolio *A*), poté portfolio s maximálním výnosem (portfolio *B*). Následně jsou nalezena vnitřní ekvidistantní efektivní portfolia (portfolia *C* až *H*) pro dané $E(R_{P-generované})$.

Opět tedy dochází k formulaci tří typů úloh, jejichž formulace je totožná s formulací u Markowitzova modelu. Jediným rozdílem je změna podmínky (P2) na podmínku (P2‘), kterou je omezený krátký prodej ve výši disponibilních finančních prostředků,

$x_i \geq -1$, pro $i = 1,2,...N$. (P2‘)

2.2.5 Tobinův model

Postup k sestavení efektivní množiny portfolia podle Tobinova modelu je opět obdobou postupu u předcházejících modelů. Tobinův model obsahuje navíc tržní portfolio *M*, které je sestaveno ze všech rizikových aktiv, která jsou na trhu. Toto portfolio je hledáno tak, aby byl dosažen maximální sklon přímky CML, tedy maximální poměr rizikové prémie a směrodatné odchylky efektivního portfolia.

Formulace úlohy M pro nalezení tržního portfolia (M) je následující.

Účelová funkce $\dfrac{E(R_M) - R_F}{\sigma_M} \rightarrow \max.$

Omezující podmínky $x_F + \sum_k^N x_k = 1,$ (P1)

$x_k \geq 0$, pro $k = 1,2,...N$, (P2)

$x_F = 0$, (P3)

kde $E(R_M) = \sum_{i=1}^{N+1} x_i \cdot E(R_i)$, (R1)

$$\sigma^2(R_M) = \sum_{i=1}^{N+1}\sum_{j=1}^{N+1} x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j = \vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}, \quad \text{(R2)}$$

$$\sigma_M = \sigma(R_M) = \sqrt{\sigma^2(R_M)}. \quad \text{(R3)}$$

Symbolem x_k je označován podíl rizikového aktiva, x_F podíl bezrizikového aktiva, symbolem x_i (x_j) je pak obecně označeno jak rizikové tak bezrizikové aktivum. Vektor $\vec{x}$ a kovarianční matice *C* také obsahuje všechna aktiva (včetně bezrizikového) a jejich vzájemný vztah.

Účelovou funkcí je vyjádřena maximalizace sklonu přímky CML (efektivní množiny). Podmínka (P1) představuje strukturu investování a přípustnou množinu investičních variant, podmínkou (P2) je zajištěno, že je možné pouze investovat (zapůjčovat). Podmínkou (P3) je zajištěn požadavek, že není možné zařadit do portfolia bezrizikové aktivum. Rovnice (R1), (R2) a (R3) slouží k propočtu parametrů portfolií.

Efektivní portfolio pro danou směrodatnou odchylku lze nalézt tak, že je maximalizována střední hodnota výnosu portfolia pro stanovenou úroveň směrodatné odchylky. Přitom je možné investovat do rizikových aktiv v libovolném poměru a do bezrizikového aktiva lze neomezeně investovat nebo jej prodávat nakrátko.

Formulace úloh A až H pro propočet efektivních portfolií A až H je následující.

Účelová funkce $E(R_P) \rightarrow \max.$

Omezující podmínky $$x_F + \sum_k^N x_k = 1, \quad \text{(P1)}$$

$$x_k \geq 0 \text{, pro } k = 1,2,...N, \quad \text{(P2)}$$

$$\sigma_P = \sigma_{P-generované} \quad \text{(P3)}$$

$$-\infty \leq x_F \leq \infty, \quad \text{(P4)}$$

kde $$E(R_P) = \sum_{i=1}^{N+1} x_i \cdot E(R_i), \quad \text{(R1)}$$

$$\sigma^2(R_P) = \sum_{i=1}^{N+1} \sum_{j=1}^{N+1} x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j = \vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}, \quad \text{(R2)}$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma^2(R_M)}. \quad \text{(R3)}$$

2.2.6 Modelování transakčních nákladů

Vzhledem k jejich komplikované a nepředvídatelné povaze se transakční náklady obvykle modelují jako fixní část celkové hodnoty transakce. Hodnota transakce (*TV*) se stanovují jednoduše.

$$TV = \sum_{i=1}^{N} \left| V \cdot x_i^a - V \cdot x_i^b \right|,$$

kde TV je hodnota transakce, V je hodnota původního portfolia, x_i^b je podíl i-tého aktiva v původním portfoliu složeném z *N* počtu aktiv (*b* - *before*), x_i^a je podíl i-tého aktiva v novém portfoliu složeném z *N* počtu aktiv (*a* - *after*), $V \cdot x_i^b$ je hodnota i-tého aktiva v původním portfoliu, $V \cdot x_i^a$ je hodnota i-tého aktiva v novém portfoliu. Je-li $V \cdot x_i^a$ větší než $V \cdot x_i^b$, je značí to koupi daného aktiva, je-li tomu naopak, je značí to jeho prodej.

Jak již bylo uvedeno výše, trakční náklady jsou modelovány jako fixní část hodnoty transakce, tedy

$$TC = c \cdot V \cdot \sum_{i=1}^{N} \left| x_i^a - x_i^b \right|,$$

kde *TC* jsou celkové transakční náklady, *c* je konstanta vyjadřující, jaká část celkové hodnoty transakce je tvořena transakčními náklady. Pro zahrnutí transakčních nákladů do optimalizace lze celkové transakční náklady zapsat jako lineární funkci, tedy

$$TC = V \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right],$$

kde $c_i = c$, je-li x_i^a větší než x_i^b, nebo $c_i = -c$, je-li x_i^a menší než x_i^b. Z matematického hlediska je tedy *c* spíše funkcí x_i^a a x_i^b než konstantou.

Optimální portfolio s transakčními náklady

Bez ohledu na různá omezení je vždy hledáno portfolio s nejlepší kombinací očekávaného výnosu a rizika. Pro započtení transakčních nákladů do optimalizačních modelů je nutné odečíst transakční náklady od očekávaného výnosu. Vzorec pro vypočtení tohoto *očištěného* očekávaného výnosu je následující:

$$E\left(R_{P-o}\right) = E\left(R_P\right) - \sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right] - E\left(R_P\right) \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right], \tag{5}$$

kde $E\left(R_{P-o}\right)$ je očištěný očekávaný výnos portfolia, $E\left(R_P\right)$ je hrubý očekávaný výnos portfolia, $\sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right]$ jsou transakční náklady vyjádřené jako podíl hodnoty portfolia a $E\left(R_P\right) \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right]$ je časová hodnota transakčních nákladů. Časovou hodnotou transakčních nákladů je vyjádřena ztráta investora, která je způsobena tím, že nemůže prostředky použité na zaplacení transakčních nákladů investovat a vytvořit tím zisk. Ve skutečnosti je časová hodnota transakčních nákladů velmi malá (řádově setiny procenta), a proto ji lze z výpočtu vyloučit. Vzorec (5) je tedy zjednodušen na

$$E\left(R_{P-o}\right) = E\left(R_P\right) - \sum_{i=1}^{N} \left[c_i \cdot \left(x_i^a - x_i^b \right) \right]. \tag{6}$$

Pro případ revize portfolia lze kombinací výše uvedeného vzorce (6) a vzorce (3) získat následující vzorec:

$$\Delta E(R_{P-o}) = \sum_{i=1}^{N} \left[\Delta x_i \cdot \left(E(R_i) - c_i \right) \right], \tag{7}$$

kde $\Delta E(R_{P-o})$ je změna očištěného očekávaného výnosu portfolia, Δx_i je změna podílu i-tého aktiva v portfoliu, $E(R_i)$ je očekávaný výnos i-tého aktiva bez zahrnutí transakčních nákladů a c_i jsou transakční náklady vztahující se k i-tému aktivu.

2.3 Simulace náhodného vývoje ceny finančních instrumentů

Náhodná čísla lze generovat pomocí celé řady různě náročných a různě přesných procedur. V Excelu je možné generovat náhodné veličiny z vybraných rozdělení pravděpodobnosti pomocí modulu *Generátor pseudonáhodných čísel*.

Není-li požadované rozdělení pravděpodobnosti k dispozici, lze jej pomocí *procedury inverzní transformace* vygenerovat z vygenerovaných hodnot rovnoměrného rozdělení. Jelikož jsou distribuční funkce neklesající, existuje vzájemně jednoznačné přiřazení mezi distribuční funkcí a náhodnými čísly rovnoměrného rozdělení z intervalu [0;1]. Obecně lze tedy napsat, že $x = F^{-1}(r)$, kde $x \in [a;b]$ jsou náhodná čísla z distribuční funkce F a r jsou generovaná náhodná čísla z rovnoměrného rozdělení. Je tomu tak proto, že $F(x) = G(r)$, tedy $x = F^{-1}[G(r)]$ a toho, že pro rovnoměrné rozdělení na intervalu [0,1] platí $G(r) = r$.

Náhodný vývoj v čase je pro finanční aktiva charakteristický. Tento průběh lze označit jako stochastický proces a lze jej popsat diskrétně s aplikacemi při simulacích nebo spojitě s využitím hlavně při analytickém řešení. V této souvislosti lze zmínit několik klíčových procesů:

- *Wienerův proces*,
- *Itôův proces*,
- *Brownův geometrický proces*.

2.3.1 Wienerův proces

Bývá také někdy označován jako specifický Wienerův proces. Tento proces je základním prvkem ostatních procesů a vychází ze dvou předpokladů:

- predikované ceny jsou ovlivněny pouze aktuální cenou a nikoli cenami historickými,
- změny cen jsou v čase nezávislé.

Wienerův proces lze zapsat pomocí následující rovnice:

$$\tilde{z}_t - z_0 \equiv dz = \tilde{z} \cdot \sqrt{dt}\,, \tag{8}$$

kde, $\tilde{z}$ je náhodná proměnná z normovaného normálního rozdělení $N(0;1)$. Střední hodnota $E(dz) = 0$, rozptyl $\mathrm{var}(dz) = t$, směrodatná odchylka $\sigma(dz) = \sqrt{dt}$.

Bereme-li v úvahu vývoj ceny v čase za několik intervalů, pak

$$\tilde{z}_T - z_0 = \sum_{i=1}^{n} \tilde{z}_i \cdot \sqrt{dt}\,,$$

z toho pak lze odvodit, že střední hodnota $E(\tilde{z}_T) = 0$, rozptyl $\mathrm{var}(\tilde{z}_T) = n \cdot dt = T$ a že směrodatná odchylka $\sigma(\tilde{z}_T) = \sqrt{T}$.

2.3.2 Itôův proces

Tento proces je jedním z typů stochastických procesů, jehož zvláštními případy jsou Wienerovy a Brownovy procesy. Pro proměnnou *x* je definován následovně:

$$dx = a(x;t) \cdot dt + b(x;t) \cdot dz\,, \tag{9}$$

kde $a(\cdot)$ je přírůstek a $b(\cdot)$ je směrodatná odchylka změny proměnné.

Itôova lema

Itôova lema je obdobou Taylorova rozvoje . Zatímco Taylorův rozvoj je definován pro nestochastické funkce , Itôova lema je určena pro funkce , jejichž proměnnými jsou stochastické procesy podle vzorce (9) a čas, tedy $G = f(x;t)$. Itôova lema je definována následujícím způsobem:

$$dG = \left[\frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(\cdot) + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(\cdot) \right] \cdot dt + \frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(\cdot) \cdot dz \,.$$

Jedná se opět o Itôův proces, přičemž přírůstek je vyjádřen v hranatých závorkách:

$$\frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(\cdot) + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(\cdot) + \frac{\partial G}{\partial t} \,,$$

a rozptyl je:

$$\frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(\cdot).$$

2.3.3 Brownův aritmetický proces

Někdy je také označován jako zobecněný Wienerův proces. Je určen následujícím způsobem:

$$dx = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz \,. \tag{10}$$

Jedná se o zvláštní případ Itôova procesu , u něhož jsou parametry konstantní a nezávislé na ostatních proměnných. Cena se tedy vyvíjí lineárním trendem, střední hodnota $E(dx) = \alpha \cdot dt$, $E(x_T) = x_0 + \alpha \cdot T$, rozptyl $\mathrm{var}(dx) = \sigma^2 \cdot dt$, $\mathrm{var}(x_T) = \sigma^2 \cdot T$.

2.3.4 Brownův geometrický proces

U tohoto procesu se cena vyvíjí exponenciálním trendem. Má velké uplatnění ve finančním modelování a je definován následovně:

$$dx = \alpha \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz \,, \tag{11}$$

lepší patrnost interpretace jednotlivých parametrů a celého procesu pak má v případě následujícího zápisu:

$$\frac{dx}{x} = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz \,.$$

Tento proces je vhodný k vyjádření výnosu, přičemž α vyjadřuje průměrný výnos, nejčastěji za období jednoho roku, a σ pak směrodatnou odchylku za rok. Střední hodnoty a rozptyly mají následující tvar: $E(dx)=\alpha \cdot dt$, $E(x_T)=x_0+x_0\cdot\alpha\cdot T$, $\mathrm{var}(dx)=\sigma^2\cdot dt$, $\mathrm{var}(x_T)=x_0+x_0\cdot\sigma^2\cdot T$.

2.3.5 Geometrický Brownův proces s logaritmickými cenami

U tohoto procesu je předpokládán vývoj proměnné (ceny) podle procesu popsaného ve vzorci (11). S pomocí Itôovy lemy pro funkci $G=\ln x$ lze ukázat, že

$$dG = d\ln S = \alpha\cdot dt + \sigma\cdot dz.$$

V tomto případě se tedy jedná o vyjádření spojitého výnosu, kde $\alpha=\mu-\frac{\sigma^2}{2}$, $\mu=\frac{S_T}{S}$.

$$x_t = x\cdot\exp(\alpha\cdot dt+\sigma\cdot dz), \tag{12}$$

$$E(x_T)=x\cdot\exp(\alpha\cdot T),$$

$$\mathrm{var}(x_T)=x^2\cdot\exp(2\cdot\alpha\cdot T)\cdot\left[\exp\left(\sigma^2\cdot T\right)-1\right]. \tag{13}$$

Hodnotu kvantilu na hladině pravděpodobnosti γ z logaritmicko-normálního rozdělení lze zjistit podle následujícího vzorce:

$$x_T^\gamma = x\cdot\exp\left(\alpha\cdot T+\Phi^{-1}(\gamma)\cdot\sigma\cdot\sqrt{T}\right).$$

2.3.6 Mean-reversion procesy

Tyto procesy jsou používány k modelování náhodného vývoje aktiv, která mají v delších časových úsecích tendenci návratu ke své dlouhodobé rovnovážné hodnotě (např. úrokové sazby). Zpravidla je v nich tedy zastoupen parametr pro dlouhodobou rovnováhu a rychlost přibližování hodnot aktiv k jejich dlouhodobé rovnováze.

Opět se jedná o procesy spadající do obecné kategorie Itôova procesu (viz podkapitola 2.3.2). Mezi nejvíce užívané modely patří např. Vašíčkův model, Cox-Ingersoll-Rossův (CIR) model nebo Hull-Whiteův (HW) model.

Vašíčkův model má na příkladu úrokových sazeb následující podobu:

$$dr = a \cdot (b - r) \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z},$$

kde *b* je dlouhodobá rovnovážná hodnota úrokových sazeb, *r* je úroková sazba a *a* je parametr rychlosti úrokových sazeb, s jakou se přibližují ke své dlouhodobé rovnováze. Model však může dosahovat záporných hodnot, což není vždy realistické.

Parametry Vašíčkova modelu lze odhadnout pomocí regresní metody nejmenších čtverců. Obecně lze stanovený náhodný odhad modelu (y) vždy rozdělit na dvě složky: trend ($\hat{y}$) a reziduální odchylku (ε), lze jej tedy obecně zapsat jako $y = \hat{y} + \varepsilon$. Při odhadu regresní metodou nejmenších čtverců je původní mean-reversion model převeden na lineární tvar, jsou odhadnuty parametry a poté zpětně dopočteny výchozí parametry modelu. Odhadovaný diskrétní mean-reversion Vašíčkův model má následující podobu:

$$\Delta r = \Delta \hat{r} + \varepsilon = a \cdot (b - r_{t-1}) \cdot \Delta t + \hat{\sigma} \cdot \sqrt{\Delta t} \cdot \tilde{z}, \qquad (14)$$

kde *a*, *b* jsou odhadované parametry, $\hat{\sigma}$ směrodatná odchylka, Δt interval a z je náhodná veličina z *N(0;1)*. Po transformaci na lineární tvar je pak model v následujícím tvaru:

$$\Delta r = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot r_{t-1} + \varepsilon,$$

podle vzorce (14) lze tedy zapsat: $\hat{\alpha} = a \cdot b \cdot \Delta t$, $\hat{\beta} = a \cdot \Delta t$.

Regresní metoda nejmenších čtverců spočívá v minimalizaci $\sum_t \varepsilon_t^2$, kde $\varepsilon_t = \Delta r - \Delta \hat{r} = \Delta r - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot r_{t-1})$, $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ jsou nezávislé parametry. Výpočty výchozích odhadovaných parametrů Vašíčkova modelu jsou provedeny podle následujících vzorců:

$$a = \frac{\hat{\beta}}{\Delta t},$$

$$b = \frac{\hat{\alpha}/\hat{a}}{\Delta t},$$

$$\sigma = \frac{\hat{\sigma}}{\Delta t} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_t \varepsilon_t^2}}{\Delta t}.$$

Cox-Ingersoll-Rossův model je obdobný jako model Vašíčkův s jedním parametrem navíc:

$$dr = a \cdot (b - r) \cdot dt + \sigma \cdot \sqrt{r} \cdot d\tilde{z} \; .$$

Oním parametrem navíc je $\sqrt{r}$. To znamená, že se rozptyl s růstem úrokových sazeb zvyšuje. Tím je zabráněno výskytu záporných úrokových sazeb.

Hull-Whiteův model je určen tak, aby byly forwardové a spotové výnosové křivky v souladu. Jeho podoba je následující:

$$dr = [\theta(t) - a \cdot r] \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z} \; ,$$

kde $\theta(t)$ vyjadřuje forwardové sazby.

2.3.7 Simulace hodnoty portfolia finančních instrumentů

Při generování náhodných veličin u portfolia aktiv je nutné brát v úvahu i jejich vzájemnou korelaci. Jednou z možností, jak to provést, je generování náhodného vektoru prvotních faktorů ($\tilde{z}$) podle Choleského algoritmu, který má následující podobu:

$$\vec{z}^T = \vec{e}^T \cdot P \; , \tag{15}$$

kde $\vec{e}$ je vektor nezávislých náhodných proměnných z rozdělení $\Phi(0;1)$ a P je horní trojúhelníková matice, která je odvozena z kovarianční matice *C*. Vztah mezi těmito maticemi je určen takto:

$$C = P \cdot P^T \; .$$

K sestrojení horní trojúhelníkové matice se využívá následujících pravidel:

$$p_{ii} = \left(\sigma_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ik}^2 \right)^{1/2}, \qquad \text{pro } i = 1,2...N \, , \tag{16}$$

$$p_{ij} = \left(\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki} \cdot p_{kj} \right) \cdot p_{ii}^{-1}, \qquad \text{pro } 1 \le i < j \le N \, , \tag{17}$$

$$p_{1j} = \sigma_{1j} \cdot (\sigma_{11})^{-1/2}, \qquad \text{pro } j = 1,2...N \, , \tag{18}$$

$$p_{ij} = 0 \, , \qquad \text{pro } i > \text{j} \; ; i, j = 1,2...N \, . \tag{19}$$

3 Popis a analýza vývoje vybraných měn

V této kapitole bude charakterizován devizový trh (podkapitola 3.1), jeho velikost a struktura včetně jejich vývoje ve vybraných letech v celosvětovém měřítku i v rámci České republiky (podkapitola 3.2). Dále budou zmíněny faktory ovlivňující pohyb měnového kurzu (podkapitola 3.3) a ukázán vývoj hlavních měn (tj. měn, se kterými se nejvíce obchoduje) v letech 1999 až 2009 (podkapitola 3.4). Podkapitola 3.1 je převzata převážně od Durčákové, Mandela (2007), podkapitola 3.3 pak převážně od Revendy (2005).

3.1 Devizový trh

Trh s cizími měnami je tvořen devizovým a valutovým trhem. Na ***valutovém trhu*** se obchoduje s hotovostní formou zahraničních měn a objemy obchodů realizované na těchto trzích jsou v porovnání s objemy obchodovanými na devizových trzích zanedbatelné. Vzhledem k tomu, že je obchodování s hotovostí spojeno s vyššími jednotkovými náklady (např. manipulační náklady nebo náklady ušlých příležitostí, tj. ušlých úroků) i riziky (např. krádež či padělky), jsou valuty dražší než devizy. Lépe řečeno, kurzy valut mají širší kurzové rozpětí (neboli *spread*) mezi nákupním a prodejním kurzem než kurzy deviz.

Devizový trh lze definovat jako místo, na kterém se střetává devizová poptávka s devizovou nabídkou a kde se vytváří cena deviz neboli devizový kurz. Jedná se o trh se zahraničními měnami, které vystupují v bezhotovostní podobě, převážně ve formě zápisů na bankovních účtech, ale může jít také o formu šeků či směnek. Na devizovém trhu je umožněno nakupovat a prodávat devizy jednotlivcům, podnikům i bankám.

Devizový trh zahrnuje všechna místa, kde se příslušná zahraniční měna obchoduje. Na tradičních devizových trzích, kterým se také říká *on-shore centra,* v Londýně, New Yorku a Tokiu se probíhá téměř 60% všech devizových obchodů. Kromě tradičních trhů existují i tzv. *off-shore* centra, jejichž poválečný rozvoj je spojen s výhodnou polohou mezi tradičními trhy a s daňovými výhodami (tzv. daňové ráje). Mezi hlavní představitele těchto off-shore center patří Nové Hebridy, Hongkong, Singapur a Bahrajn.

3.1.1 Burzovní a neburzovní (OTC) devizový trh

V současnosti má devizový trh charakter neburzovního trhu (*over the counter market,* v české bankovní terminologii se vžilo označení OTC trh), který funguje na základě telefonního, telexového a počítačového spojení mezi dealery jednotlivých trhů. Pro účtování operací je nejdůležitějším systémem tzv. SWIFT (*Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications*). Jedná se o mezinárodní komunikační síť určenou pro realizaci mezinárodního platebního styku mezi bankami, která funguje od roku 1977. Pomocí systému SWIFT je možné realizovat zprávy o provedení a obdržení plateb v reálném čase během několika sekund.

Na devizovém trhu jednoznačně převažuje obchodování s devizami formou over the counter. Na devizových burzách se obchoduje jen s některými formami termínových obchodů. Jedná se hlavně o futures a částečně o opce. Význam burzy jako místa, kde se střetává devizová poptávka s devizovou nabídkou a vytváří se devizový trh, je však minimální.

3.1.2 Subjekty devizového trhu

Výrobní podniky, investiční fondy, pojišťovny, malé banky i jednotlivé fyzické osoby vstupují na devizový trh převážně jako klienti obchodních bank. U výrobních podniků je jejich účast na devizovém trhu nejčastěji motivována potřebou nakoupit nebo prodat zahraniční měnu v souvislosti s exportem a importem zboží a služeb či zajištěním proti kurzovému riziku. Účast investičních fondů a pojišťoven na devizovém trhu souvisí hlavně s diverzifikací jejich aktiv v mezinárodním měřítku, účast jednotlivých fyzických osob pak zejména s mezinárodním cestovním ruchem.

Devizový trh je z hlediska subjektů neboli účastníků devizového trhu organizován jako

- *trh velkoobchodní neboli mezibankovní* (typický je vztah banka-banka),
- *trh maloobchodní neboli klientský* (typický je vztah banka-klient).

Páteř devizového trhu je tvořena obchodními bankami, dalšími subjekty jsou centrální banky, zprostředkovatelské instituce (brokeři) a ostatní finanční a nefinanční instituce. V případě přímého obchodování na devizovém trhu obchodují banky prostřednictvím svých dealerů, někdy dávají banky přednost zprostředkovanému obchodování prostřednictvím brokerů.

Za určitých okolností mohou účastníci devizových obchodů vystupovat jako tzv. ***arbitražéři***. Ti dosahují zisku z předem známé rozdílné úrovně měnového kurzu (příp. i úrokových sazeb) na různých místech devizového trhu. Jelikož jsou všechny ceny v době uzavírání obchodů předem známy, nepracují arbitražéři (na rozdíl od spekulantů) s kurzovým či úrokovým rizikem.

Spekulantem je každý, kdo chce dosáhnout kurzového zisku na základě očekávaného zhodnocení (apreciace) nebo znehodnocení (depreciace) kurzu při současném zhodnocení výše úrokových sazeb. Vzhledem k tomu, že spekulanti pracují s očekávaným vývojem devizového kurzu, musí brát ohled na kurzové riziko. Jeho ocenění (v podobě rizikové prémie) závisí na řadě faktorů a to jak objektivních (např. očekávané volatilitě devizového kurzu) tak subjektivních (stupni averze k riziku). Pokud by byl očekávaný výnos ze spekulace nižší než požadovaná prémie, spekulant by takovou spekulaci nezahájil.

3.1.3 Základní typy devizových operací

Směna deviz na devizovém trhu se uskutečňuje na základě spotových (promptních), nebo termínových operací. Podle toho se pak rozlišuje trh spotový a trh termínový.

U spotových obchodů, které se uskutečňují na spotovém trhu, se předpokládá plnění ze strany banky do dvou po sobě následujících obchodních dnů, přičemž zatížení účtu klienta je provedeno okamžitě. Spotové obchody se uskutečňují za spotový kurz.

U termínových obchodů, které se uskutečňují na termínových trzích, se nakupují či prodávají devizy k budoucímu sjednanému datu za předem dohodnutý termínový kurz. Existují tři základní druhy termínových obchodů: *forward*, *futures* a *opce*.

Forward je nejstarší formou termínových operací a je tzv. šitý na míru. To znamená, že si klient může na devizovém trhu devizy nakoupit nebo prodat v libovolném množství a k libovolnému budoucímu datu podle termínového forwardového kurzu.

Futures jsou výhradně burzovní operace, a proto je pro ně charakteristická standardizace jak obchodovaných částek, tak času. Mezi jejich výhody patří nízké náklady na provedení operace a možnost sekundárního prodeje kontraktu třetí osobě s okamžitým vypořádáním zisku či ztráty v clearingové ústředně na burze.

Měnové opce mohou mít burzovní i neburzovní charakter. V tomto případě je jednou ze stran (držitel opce) kupováno právo na nákup nebo prodej deviz v budoucím termínu za předem dohodnutý devizový kurz. Toto právo nemusí být držitelem devizy využito a hodnota tohoto práva bývá stanovena tzv. opční prémií, kterou musí držitel opce zaplatit.

Swapové operace jsou tvořeny dvěma neoddělitelnými operacemi, které se uzavírají v jednom okamžiku se stejným parametrem a alespoň jedna ze zmíněných operací je forwardová. Lze tedy rozlišit dva základní typy měnových swapů:

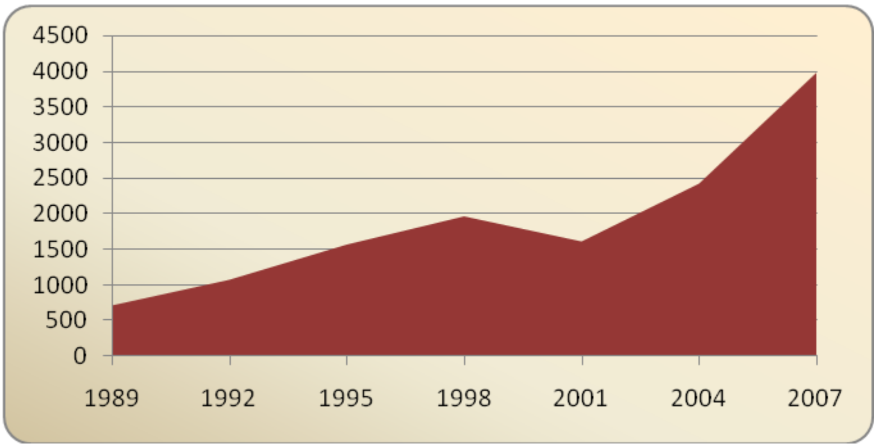
- *spot-forward* – v tomto případě je deviza promptně (spotově) prodána (resp. nakoupena) a termínově nakupena (resp. prodána),
- *forward-forward* – zde je deviza na kratší forward (např. 1 měsíc) termínově prodána (resp. nakoupena) a současně na delší forward (např. 3 měsíce) termínově nakoupena (resp. prodána).

3.2 Velikost a struktura devizového trhu

Devizový trh je největším mezinárodním finančním trhem, jehož průměrný denní obrat na všech devizových trzích v roce 2007 byl podle dostupných údajů *Bank of International Settlements* (dále jen BIS) 3 988 mld. USD. Oproti roku 2004 tedy došlo k nárůstu o více než 60%, oproti roku 1998 o více než 100% a oproti roku 1989 dokonce o více než 450%.

Veškeré údaje obsažené v této podkapitole se vztahují k dubnu jednotlivých let. Vývoj průměrného devizového obratu na všech devizových trzích v letech 1989 až 2007 je znázorněn v Grafu 3.1, konkrétní hodnoty viz Příloha 1.

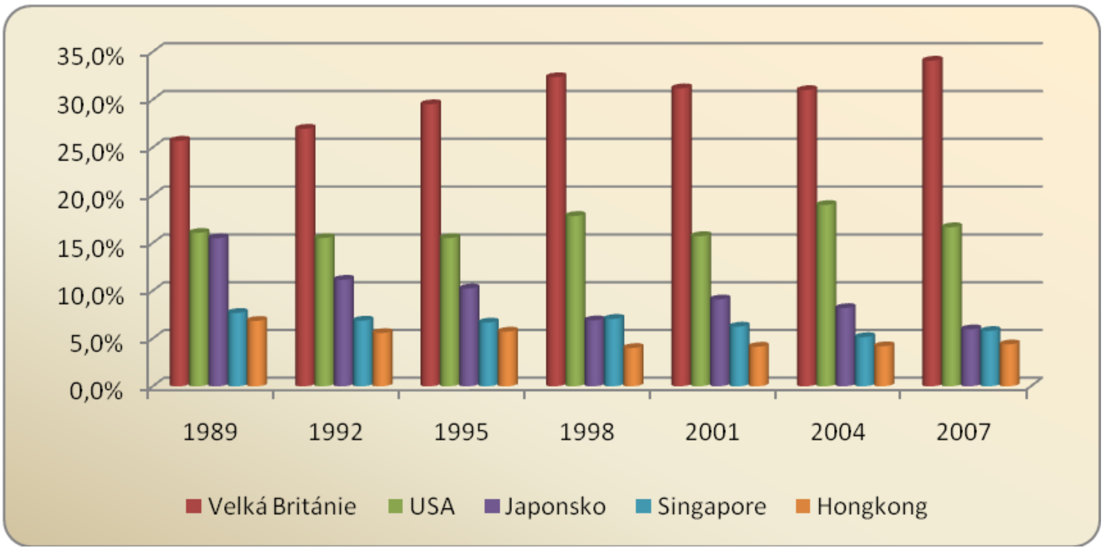
Graf 3.1 – Vývoj průměrného devizového obratu na všech devizových trzích (mld. USD/den)



Z Grafu 3.1 je patrné, že největší nárůst průměrného denního obratu na světových devizových trzích byl zaznamenán mezi lety 2004 a 2007, kdy došlo k nárůstu z 2429 mld. USD v r. 2004 na již zmíněných 3988 mld. USD v r. 2007, tj. o 1599 mld. USD.

Jak již bylo uvedeno výše (viz podkapitola 3.1), mezi nejvýznamnější centra devizových obchodů patří Velká Británie, USA, Japonsko, jako představitelé *on-shore* center, a Singapur a Hongkong, jako představitelé *off-shore* center. V těchto pěti centrech se ve všech sledovaných letech odehrálo více než 66% všech devizových obchodů. Procentní podíl průměrného denního obratu jednotlivých center na průměrném denním obratu na všech světových trzích je znázorněn v Grafu 3.2 (konkrétní jsou uvedeny Příloze 1).

Graf 3.2 - Podíl průměrného denního obratu jednotlivých center



Z Grafu 3.2 je pak patrné, že nejvíce devizových obchodů se odehrává ve Velké Británii. Podíl obchodů ve zmíněné zemi ve sledovaném období neklesl pod 25% světového obchodu a v r. 2007 činil 34%. Lze si také všimnout klesajícího podílu obchodů v Japonsku. Zatímco v r. 1989 byl jeho podíl na světovém obchodě 15%, v r. 2007 už jen 6 %.

Celkový podíl vybraných on-shore a off-shore center je uveden v Tab. 3.1.

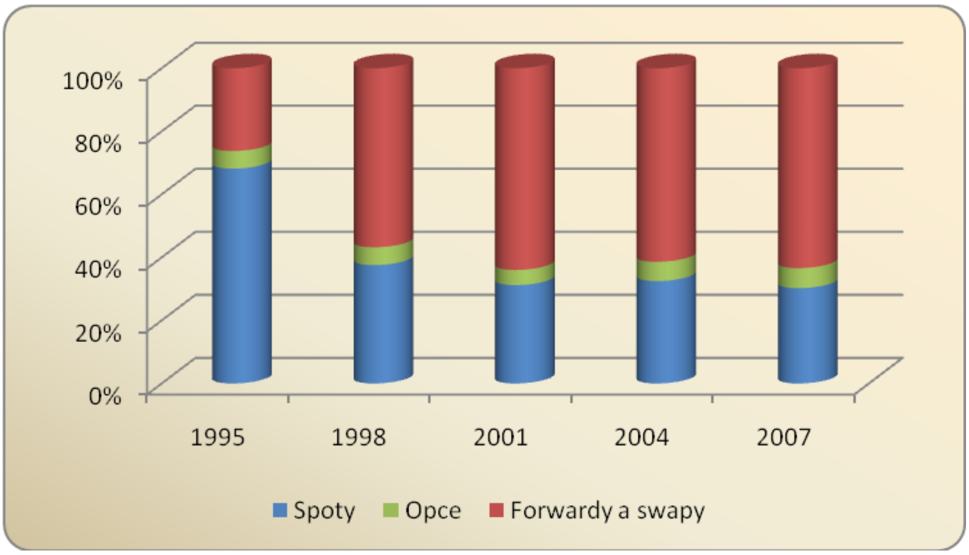
Tab. 3.1 - Podíl průměrného denního obratu vybraných center

	1989	1992	1995	1998	2001	2004	2007
on-shore	57%	54%	55%	57%	56%	58%	57%
off-shore	15%	12%	12%	11%	10%	9%	10%
celkem vybraná centra	72%	66%	68%	68%	66%	68%	67%

V Tab. 3.1 je ukázán vývoj procentního podílu vybraných off-shore a on-shore center na světovém průměrném denním obratu. Je vidět, že oproti r. 1989 došlo v dalších letech k poklesu podílu hlavních center na světovém devizovém obchodě. Došlo tedy k přesunutí části tohoto podílu (4-6%) do center s menším celkovým podílem na světovém devizovém obchodě.

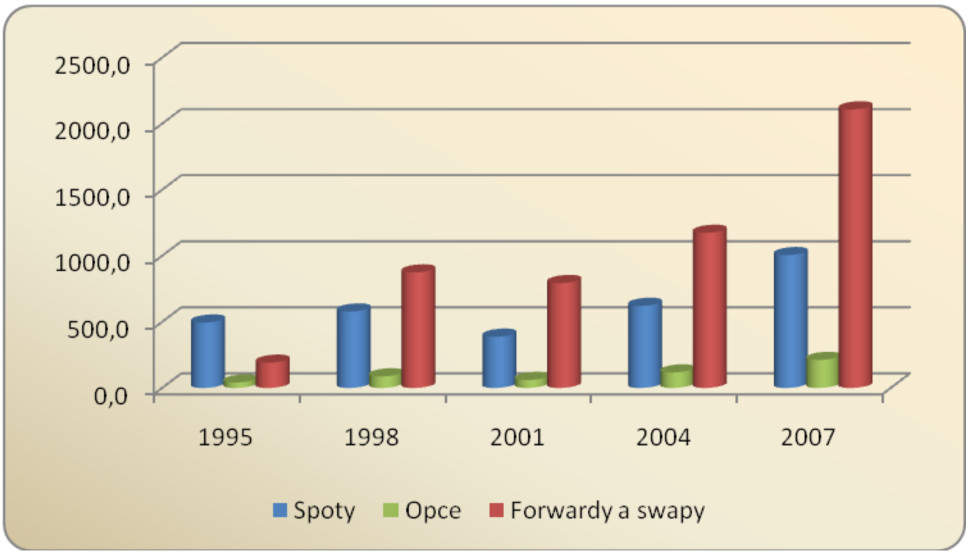
Co se týče struktury operací na světových trzích v letech 1995 až 2007, ta je znázorněna v Grafu 3.3, konkrétní objem jednotlivých operací pak v Grafu 3.4.

Graf 3.3 – Struktura devizových operací na světových trzích



Z obou grafů (3.3, 3.4) je patrný rostoucí podíl forwardů a swapů na operacích devizového trhu a naopak klesající podíl operací spotových. V Grafu 3.3 je znázorněno, že zatímco podíl opcí se ve všech letech pohybuje mezi 4,5% a 6,5%. Došlo k nárůstu podílu forwardových a swapových operací z 26% v r. 1995 na 63% v r. 2007, poklesu spotů z 68% v r. 1995 na 30% v r. 2007. Podíl opcí byl ve všech sledovaných letech stabilní (mezi 4,5% a 6,5%).

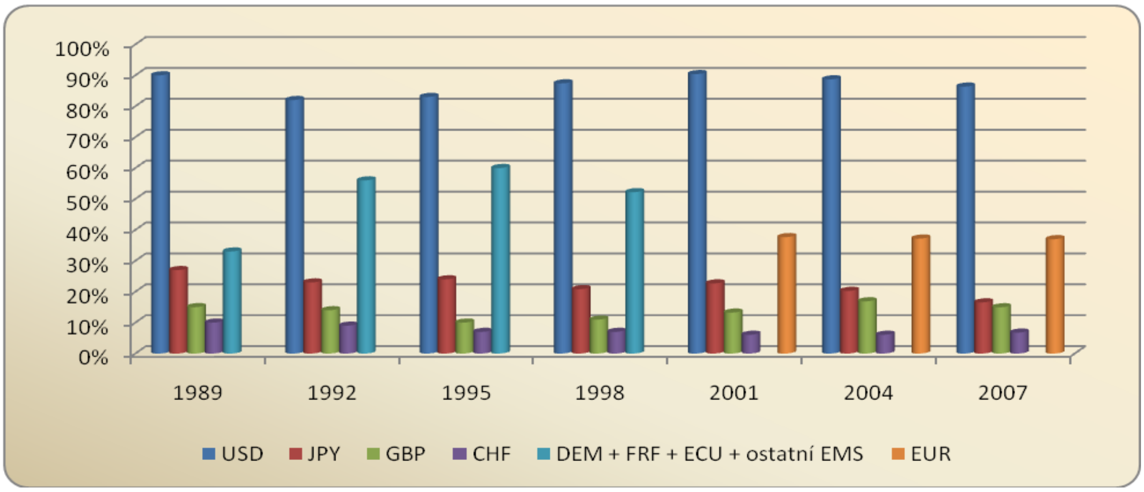
Graf 3.4 – Průměrný denní obrat devizových operací na světových trzích (v mld. USD)



Objem všech operací má v posledních letech rostoucí trend. V r. 1995 byl průměrný denní obrat spotových operací pod 500 mld. USD, v r. 2007 už byl kolem 1 000 mld. USD. Ještě strmější růst byl zaznamenán v případě průměrného denního obratu forwardových a spotových operací, jejichž hodnota v r. 2007 byla vyšší než 2 000 mil. USD, zatímco v r. 1995 nebyla vyšší než 200 mld. USD. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Příloze 2.

V následujícím grafu (3.5) je znázorněn podíl jednotlivých měn na celkovém devizovém obratu.

Graf 3.5 – Podíl hlavních měn na světovém devizovém obratu



Z Grafu 3.5 je vidět, že pokud se jedná o podíl jednotlivých měn na celkovém devizovém obratu, tak jednoznačné prvenství bylo dosaženo ve všech sledovaných letech americkým dolarem (USD), následovaným německou markou (DEM) a později eurem (EUR). Třetí pozice je stabilně obsazena japonským jenem (JPY), následovaným britskou librou (GBP) a švýcarským frankem (CHF). Podrobněji také viz Tab. 3.2.

Tab. 3.2 – Podíl jednotlivých měn na celkovém devizovém obratu (celkem 200%)

	1989	1992	1995	1998	2001	2004	2007
USD	90%	82%	83%	87%	90%	89%	86%
JPY	27%	23%	24%	21%	23%	20%	17%
GBP	15%	14%	10%	11%	13%	17%	15%
CHF	10%	9%	7%	7%	6%	6%	7%
CAD	1%	3%	3%	4%	4%	4%	4%
AUD	2%	2%	3%	3%	4%	5%	7%
DEM	27%	40%	37%	30%			
FRF	2%	4%	8%	5%			
ECU	1%	3%	2%	1%			
ostatní EMS	3%	9%	13%	16%			
celkem EMS	33%	56%	60%	52%			
EUR					38%	37%	37%
ostatní	22%	11%	10%	15%	21%	21%	28%

Z Tab. 3.2 je zřejmé, že podíl eura na celkovém devizovém obratu spíše odpovídá podílu německé marky (27%-40%) než podílu všech měn zemí EMS (33%-60%). Celkově tedy podíl EMS na celkovém světovém devizovém obratu po zavedení eura poklesl.

3.2.1 Devizový trh v České republice

Systém vnitřní směnitelnosti koruny byl v České republice zaveden v roce 1991 a s ním započal rozvoj mezibankovního a klientského devizového trhu. Významná změna pro mezibankovní devizový trh v České republice byla způsobena zavedením vnější směnitelnosti české koruny (CZK) od r. 1995 a v r. 1996 rozšířením fluktuačního pásma pro pohyb jejího kurzu.

V květnu 1997 vrcholila měnová krize opuštěním systému pevného kurzu a přechodem na řízený floating s orientací na DEM. Došlo také ke změně ve struktuře devizových operací, kterou lze srovnat v Tab. 3.3.

Tab. 3.3 – Struktura devizových operací na českém trhu

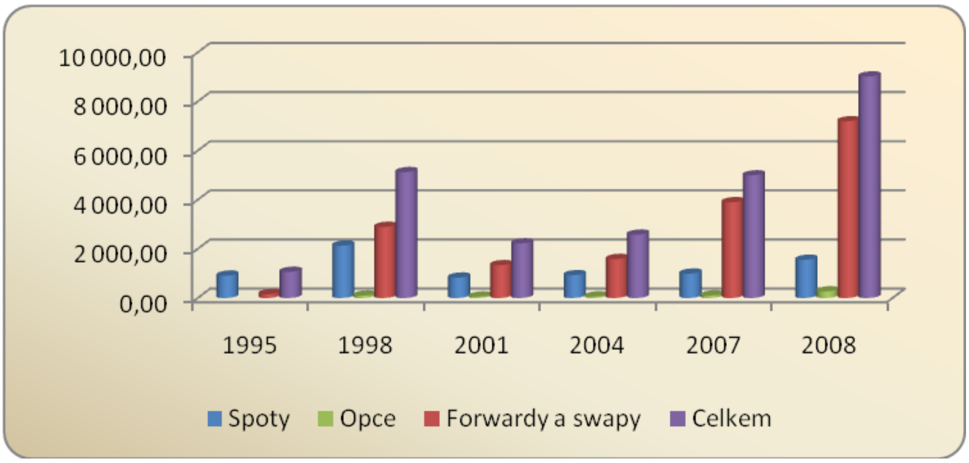
	1995	1998	2001	2004	2007	2008
Spoty	85%	42%	37%	36%	20%	17%
Forwardy a swapy	15%	57%	60%	62%	78%	80%
Opce		2%	3%	2%	2%	3%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Pramen: ČNB, 2009

V Tab. 2.3 je vidět, že zatímco v r. 1995 představovaly spotové operace 85%, v r. 1998 již jejich podíl činil 42% a v r. 2008 tvořily jen 17% celkového obratu na devizovém trhu v České republice.

Průměrné denní objemy devizových operací v jednotlivých letech jsou znázorněny v Grafu 3.6, konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Příloze 2.

Graf 3.6 – Průměrné denní objemy devizových operací na českém trhu v mil. USD



Pramen: ČNB, 2009

Z grafu lze poznat jejich rostoucí trend od r. 2001, zvláště pak u forwardů a swapů. Průměrný denní objem zmíněných instrumentů byl 1 337 mil. USD v r. 2001 a 7 195 mil. USD v r. 2008, tj. došlo k jeho nárůstu o 5 858 mil. USD.

V Tab. 3.4 je znázorněn podíl operací CZK na všech operacích obchodovaných na českém devizovém trhu.

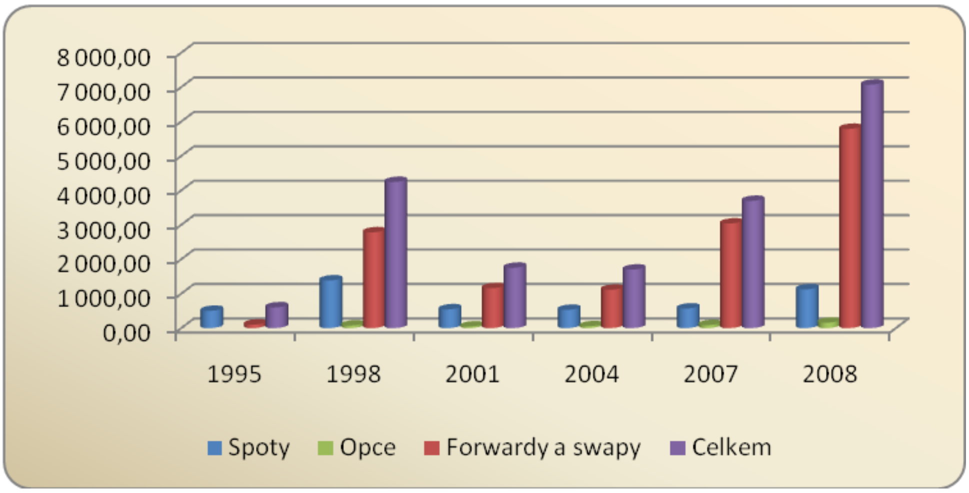
Tab. 3.4 – Podíl operací CZK na operacích českého devizového trhu

	1995	1998	2001	2004	2007	2008
Spoty	55%	65%	66%	57%	57%	72%
Forwardy a swapy	66%	96%	87%	70%	78%	80%
Opce		79%	83%	89%	85%	59%
Celkem	57%	83%	79%	66%	74%	78%

Pramen: ČNB, 2009

Je vidět, že všechny operace obchodované na českém devizovém trhu jsou minimálně z 55% tvořeny CZK. Konkrétní průměrné denní obraty CZK na devizovém trhu České republiky jsou uvedeny v Příloze 2 a znázorněny v Grafu 3.7.

Graf 3.7 – Průměrné denní objemy operací CZK v mil. USD



Pramen: ČNB, 2009

Graf 3.7 znázorňuje vývoj objemu průměrných denních operací CZK. Průměrný denní objem všech operací CZK v r. 2008 byl 5 788 mil. USD.

Podíl průměrného denního objemu obchodů CZK na objemu světového devizového trhu je malý. Jeho hodnoty ve sledovaných letech 2001, 2004 a 2007 činí 0,14%, 0,12% a 0,18%.

3.3 *Faktory ovlivňující pohyb měnového kurzu*

Kromě úrokové míry je další cenou, kterou jsou ovlivněny rozhodovací procesy nejširšího okruhu ekonomických subjektů, měnový kurz. Existuje několik teorií fundamentální analýzy, které se zabývají jeho predikcí. Dvě nejstarší z nich jsou věnovány vlivu platební bilance a cenových hladin na pohyby kurzů, v dalších je použito sledování vývoje úrokových sazeb a peněžní nabídky centrální banky.

3.3.1 Saldo platební bilance

V teorii platební bilance se vychází z toho, že při aktivním saldu platební bilance (tj. devizová inkasa jsou větší než devizové úhrady) dojde k převisu devizové nabídky nad devizovou poptávkou, následkem čehož domácí měna zhodnotí. Při pasivním saldu platební bilance (tj. devizové úhrady jsou větší než devizová inkasa), dojde k převisu devizové poptávky nad devizovou nabídkou a domácí měna znehodnotí.

Kritikové této teorie poukazují na skutečnost, že v empirických zkoumáních se příliš těsné vztahy mezi vývojem jednotlivých sald platební bilance a pohybem měnového kurzu často nebyly prokázány. Příčinou může být skutečnost, že testování se provádí na základě srovnání minulého vývoje měnového kurzu s minulými saldy platební bilance. Schémata doporučovaná touto teorií platí pouze ex-ante, budoucí vývoj měnového kurzu bude ovlivněn očekávaným vývojem platební bilance.

3.3.2 Parita kupní síly

Vývoj salda platební bilance (a tedy i následně měnového kurzu) je významně ovlivněn vývojem cenových hladin doma a v zahraničí. Existují dvě verze teorie parity kupní síly: absolutní a relativní.

Absolutní verze parity kupní síly

V této teorii se předpokládá, že měnový kurz mezi dvěma měnami je závislý na poměru cenových hladin v příslušných dvou zemích. Je předpokládáno, že prosazení pravidla jedné ceny proběhne spíše pomocí změny měnového kurzu než pomocí pohybu cen.

Praktickými propočty však bylo ukázáno, že absolutní verzí parity kupní síly jsou nadhodnocovány kurzy měn méně vyspělých zemí. Důvodem může být nevhodná volba zboží a jeho vah ve zbožovém koši, nestejné užité vlastnosti *stejných* výrobků zařazených do koše či neexistence perfektní zbožové arbitráže.

Relativní verze parity kupní síly

Podle této teorie je konečný pohyb měnového kurzu rozhodující měrou ovlivněn rozdílným tempem vývoje cenových hladin v příslušných zemích.

Závěry relativní verze parity kupní síly jsou sice platné v dlouhém období, v případě krátkého období však nejsou zcela prokazatelné. Příčinou mohou být např. kapitálové pohyby či pohyby úrokových měr, které mohou v krátkém období deformovat předpokládaný vývoj kurzu.

3.3.3 Parita úrokových měn

V této teorii se můžeme setkat se dvěma základními hypotézami o vlivu úrokové míry na měnový kurz. V *první z nich* je řečeno, že růst úrokové míry v zemi způsobí zvýšený příliv zahraničního kapitálu do této země a výsledkem nastalého přebytku na kapitálovém účtu je zhodnocení měny této země. V *druhé hypotéze* je uvedeno, že vyšší úroková míra v jedné ze zemí musí být na efektivně fungujícím trhu nutně kompenzována budoucím znehodnocením měny této země, aby došlo k vyrovnání investic denominovaných v příslušných měnách. Přestože to není na první pohled patrné, obě hypotézy popisují jeden proces, avšak v rozdílném okamžiku.

Empiricky však bylo zjištěno, že vztahy mezi úrokovými mírami a měnovými kurzy nejsou dostatečně dokonalými prognostickými nástroji. Možnými důvody může být nezahrnutí rozdílné míry zdanění ve sledovaných zemích nebo rozdílnou výši rizika ve sledovaných zemích. Je také možné, že rovnovážný proces nefunguje dostatečně rychle.

3.3.4 Peněžní zásoba

Podle této teorie se za předpokladu konstantních důchodových rychlostí peněz a stejného tempa růstu reálného produktu ve dvou zemích bude znehodnocovat měna s rychlejším růstem peněžní zásoby.

V krátkém období podle této teorie platí následující dva zajímavé závěry:

- rychlejší růst reálného důchodu nevede ke znehodnocení, ale naopak k zhodnocení měny,

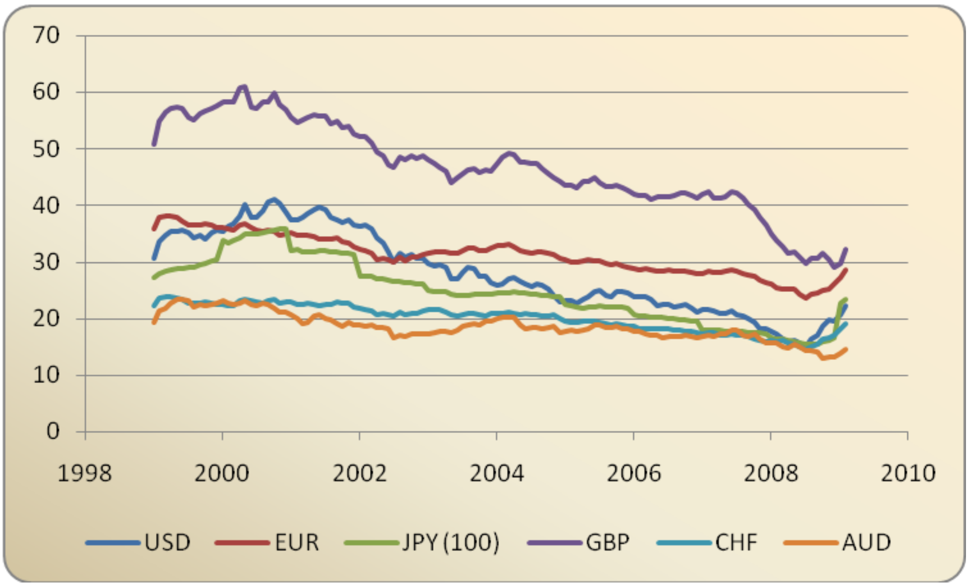
- růst úrokové sazby u alternativních aktiv je spojen s poklesem poptávky po penězích, která je pak příčinou znehodnocení domácí měny.

3.4 Vývoj hlavních měn

Z údajů ČNB byly získány průměrné měsíční kurzy jednotlivých měn[1] v příslušných letech (viz příloha 3). V Grafu 3.8 je uveden vývoj kurzů hlavních měn vůči CZK v letech 1999-2009.

[1] Pozn.: Kurz JPY je vztažen ke 100 jednotkám této měny, tedy např. 30 CZK/JPY znamená, že za 30 CZK lze získat 100 JPY.

Graf 3.8 – Vývoj kurzů hlavních měn (CZK/měna)

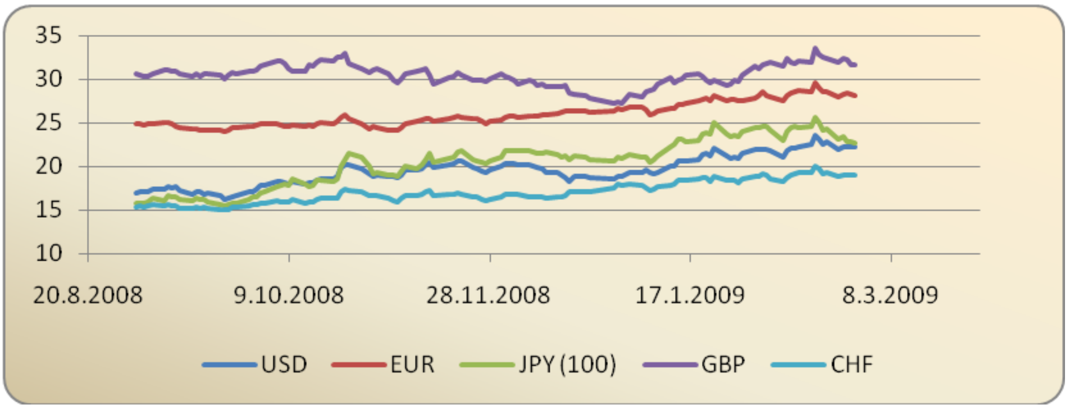


Pramen: ČNB, 2009

Z grafu je patrné posilování české koruny vůči těmto měnám od roku 2001 i její oslabování v r. 2009. V r. 2001 byl např. její kurz k britské libře 56 CZK/GBP, na konci r. 2008 už byl 29 CZK/ GBP a v únoru 2009 došlo k jeho opětovnému nárůstu na 32 CZK/GBP.

Vývoj stejných měn během posledního půl roku (tj. 1. 9. 2008 až 27. 2. 2009) v jedné z komerčních bank zachycuje Graf 3.9 (jedná se o průměrné denní kurzy *střed*, zdrojem je ČSOB). Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Příloze 4.

Graf 3.9 – Vývoj kurzů hlavních měn od září 2008 do únoru 2009 (CZK/měna)



Pramen: ČSOB, 2009

Z Grafu 3.9 lze pozorovat lehké oslabování CZK vůči většině měn (vůči GBP je oslabování patrné spíše až v r. 2009). Nejnižší rozdíl kurzu k 1. 9. 2008 a k 27. 2. 2009 je u kurzu GBP (1,163 CZK/GBP), nejvyšší pak u kurzu JPY (7,084 CZK/JPY).

Jednotlivé měny se mohou vyvíjet závisle na ostatních měnách. Tuto závislost lze vyjádřit pomocí tzv. korelace (resp. kovariance; viz podkapitola 2.2.2). Vzájemné korelace jednotlivých měn jsou uvedeny v Tab. 3.5.

Tab. 3.5 – Korelační matice

	USD	EUR	JPY	GBP	CHF
USD	1,000	0,882	0,956	0,237	0,927
EUR	0,882	1,000	0,890	0,115	0,960
JPY	0,956	0,890	1,000	0,003	0,933
GBP	0,237	0,115	0,003	1,000	0,121
CHF	0,927	0,960	0,933	0,121	1,000

Z Tab. 3.5 lze vyčíst, že největší vzájemná přímá závislost je zjištěna u EUR a CHF (korelace má hodnotu 0,960) a u JPY a USD (s hodnotou korelace 0,956). Naproti nejmenší závislost na ostatních měnách byla zjištěna u GBP, jejíž nejvyšší korelace nabývá hodnoty 0,237 (s USD). Nepřímá závislost není pozorována ani u jedné z vybraných měn.

4 Ověření optimalizace měnového portfolia se zahrnutím transakčních nákladů

V této kapitole budou sestavena optimální portfolia měn pro investory s různým vztahem k riziku. Pro investování jsou vybrány měny, se kterými je na světovém trhu nejvíce obchodováno, tj. USD, EUR, JPY, GBP a CHF, a CZK, jako bezrizikové aktivum.

Investováno bude vždy na 3 měsíce, to znamená, že po 3 měsících bude provedeno opětovné sestavení portfolií. Dané měny budou uloženy na depozitních účtech v Československé obchodní banky, a.s. Vzhledem k tomu, že se jedná o předem známou délku investice, lze využít termínovaných účtů uvedené banky, u které je nabízeno vyšší úročení než u účtů běžných. Termínované účty jsou bankou nabízeny pro všechny měny s výjimkou JPY, u kterého je nabízen pouze běžný účet. Investice bude provedena bezhotovostně.

Další požadavky na sestavení portfolia jsou následující: podíl jednotlivých měn v portfoliu nesmí být větší než 75%, měny nelze zapůjčovat, jejich podíl v portfoliu tedy nesmí být záporný, je nutné investovat minimálně do 3 různých měn.

Výnosy portfolií musí být zjištěny i pro případ, kdy jsou do jejich výpočtu zahrnuty i transakční náklady. Vzhledem k tomu, že vybraná banka nezpoplatňuje zřízení, zrušení ani vedení termínových účtů a ani bezhotovostní vklady a výběry, jsou jedinými transakčními náklady rozdíly kurzů *nákup* a *prodej* (tj. spread) u jednotlivých měn.

Částka, která bude investována, je 250 000 CZK, aktuální kurzy vybraných měn spolu s údaji o depozitních účtech jsou uvedeny v Příloze 5.

V první podkapitole (4.1) bude provedena predikce parametrů modelu, poté budou v podkapitole 4.2 pomocí takto predikovaných parametrů sestavena výchozí optimální portfolia, tj. budou zjištěna jejich složení a výnosy. V další podkapitole (4.3) bude provedeno opětovné sestavení těchto portfolií a poté zjištěny celkové výnosy portfolií za sledované období (v podkapitole 4.4). Vše bude provedeno pro portfolia se zahrnutím transakčních nákladů ve výpočtu i pro portfolia bez zahrnutí těchto nákladů. V poslední podkapitole této kapitoly bude provedeno závěrečné shrnutí výsledků.

4.1 *Predikce parametrů modelu*

Nejprve je zapotřebí simulovat náhodný vývoj měnových kurzů. Existuje množství modelů (resp. procesů), pomocí nichž lze simulaci provést (viz podkapitola 2.3). Z těchto procesů jsou vybráni zástupci (Wienerův proces, Brownův geometrický proces a Brownův aritmetický proces), pomocí nichž jsou modelovány denní kurzy jednotlivých měn během posledního půl roku (tj. od 1. 9. 2007 do 27. 2. 2007). Výnosy těchto měn jsou počítány podle vzorce (1).

Náhodná složka je získána pomocí funkce *Generátor pseudonáhodných čísel* v MS Excel. Wienerův proces je modelován pomocí vzorce (8), Brownův aritmetický proces pomocí vzorce (10) a Brownův geometrický proces pomocí vzorce (12). Hodnota μ u Brownova procesu je získána tak, aby součet čtverců reziduí, tj. rozdílů skutečných a modelovaných výnosů, byl co nejnižší.

Dále je pomocí funkce Regrese v MS Excel zjištěno, že parametr *a* Vašíčkova (a tedy také Cox-Ingersoll-Rossova) modelu je roven nule, tím je z výpočtu vyloučen i parametr *b*. Modelování kurzů podle mean-reversion modelů tedy nemusí být provedeno.

Stanoveným kritériem pro výběr *nejlepšího* procesu je minimální absolutní rozdíl směrodatných odchylek výnosů zjištěných podle skutečných a modelovaných kurzů měn. Porovnáním těchto rozdílů u všech zkoumaných procesů je ve všech případech (tj. u všech měn) zjištěno, že podle stanoveného kritéria jsou skutečnosti nejméně vzdáleny kurzy modelované pomocí Brownova geometrického procesu s logaritmickými cenami (konkrétní hodnoty rozdílů viz Příloha 5). Predikce kurzů všech vybraných měn tedy bude provedena pomocí tohoto procesu.

4.1.1 Predikce parametrů podle vybraného procesu

Jak již bylo uvedeno výše, vybraným procesem pro predikci kurzů měn je Brownův geometrický proces s logaritmickými cenami. Náhodné veličiny jsou generovány pro 1 000 scénářů. Vzhledem k tomu, že se jedná o sestavení *portfolia* měn, je nutné při predikci jejich kurzů zohlednit i jejich vzájemné korelace.

Korelační matice je sestavena pomocí funkce *CORREL* v MS Excel na základě průměrných denních kurzů v období od 1. 9. 2008 do 27. 2. 2009 (viz tabulka 3.5). Z této matice je poté pomocí vzorce (4) sestavena kovarianční matice, pomocí níž je podle vzorců (16) až (19) vytvořena matice P. Náhodné veličiny včetně korelací jsou pak vypočteny podle Choleského algoritmu viz vzorec (13).

Podle vybraného procesu, a tedy podle vzorce (12), jsou zjištěny budoucí hodnoty kurzu vybraných měn (po 3 měsících) pro každý ze scénářů. Očekávaný kurz je pak vypočten jako průměr budoucích kurzů podle všech scénářů. Vzhledem k tomu, že jsou zohledněny i transakční náklady, kterými jsou v tomto případě jen rozdíly kurzů *nákup – prodej* (tj. *spread*) u jednotlivých měn, jsou predikovány oba typy kurzů. Konkrétní očekávané hodnoty kurzů po prvních 3 měsících jsou uvedeny v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 – Očekávané kurzy po prvních 3 měsících

	Nákup	*Prodej*
USD	22,391	23,398
EUR	27,734	28,981
JPY	24,855	25,973
GBP	31,012	32,408
CHF	18,763	19,608
CZK	1,000	1,000

Srovnáním Tab. 4.1 s aktuálními kurzy (k 3. 3. 2009) uvedenými v Příloze 5 si lze povšimnout vyšších hodnot kurzů všech sledovaných zahraničních měn (např. kurz USD – nákup je původně 21,877, nově pak 22,391), což odpovídá měnovému výnosu těchto měn (viz tabulka 4.2) a znamená očekávané znehodnocení CZK.

Očekávaný výnos měny je vypočten podle vzorce (1), přičemž výchozí cenou je aktuální kurz (k 3. 3. 2009) a novou cenou je očekávaný kurz. Vzhledem k tomu, že se jedná o měny, které budou uloženy na devizových účtech v bance, je nutné k vypočtenému měnovému výnosu $E(R_i)$ přičíst i výnos těchto účtů $r_{dú}$. Výsledný očištěný výnos $E(R_{i\text{-}o})$ je získán pomocí vzorce (7), tj. odečtením transakčních nákladů (*TN*) od součtu výnosů $E(R_i)$ *a* $r_{dú}$. Směrodatná odchylka $\sigma(R_i)$ je získána podle vzorce (2) jako odmocnina z rozptylu, který je vypočten podle vzorce (13). Očekávané transakční náklady jsou stanoveny z rozdílu mezi očekávaným kurzem *prodej* a očekávaným kurzem *nákup* jako procento z aktuálního kurzu *prodej*, tj. kurzu v okamžiku sestavování portfolia.

Popsaný postup výpočtu parametrů je aplikován na veškeré vybrané měny. Výsledné hodnoty, tj. očekávané výnosy a směrodatné odchylky měn, jsou uvedeny v Tab. 4.2.

Tab. 4.2 – Očekávaný výnos a směrodatná odchylka

	$E(R_i)$	*TN*	$r_{dú}$ - *p.a.*	$r_{dú}$ - *3 měs.*	$E(R_{i\text{-}o})$	$\sigma(R_i)$
USD	2,32%	4,41%	1,05%	0,263%	-1,82%	0,62%
EUR	0,45%	4,32%	1,27%	0,318%	-3,56%	0,17%
JPY	10,21%	4,77%	0,01%	0,003%	5,44%	1,13%
GBP	0,59%	4,33%	1,25%	0,313%	-3,43%	0,07%
CHF	0,59%	4,34%	0,11%	0,028%	-3,71%	0,40%
CZK	0,00%	0,00%	1,20%	0,300%	0,30%	0,00%

Z Tab. 4.2 je patrné rozdílné úročení devizových účtů. Nejvíce je úročen eurový účet (0,318%), nejméně úročen je účet JPY (0,003%), což je však pochopitelné vzhledem k tomu, že se jedná pouze o běžný účet. Nejméně úročeným termínovaným účtem je účet CHF (0,028%). Co se týče měnového výnosu, ten je největší u JPY (10,21%), je však kompenzován nejvyšším rizikem (směrodatná odchylka je rovna 1,13%). Nejvyšší transakční náklady jsou očekávány u JPY (4,77%), přesto je JPY jedinou měnou, u které je výnos po očištění o transakční náklady kladný (s výjimkou CZK, u které jsou transakční náklady nulové). Z tabulky je rovněž patrné, že CZK zde plní funkci bezrizikového aktiva, jelikož u ní neexistuje měnové riziko.

Vzhledem k tomu, že po 3 měsících bude provedeno sestavení nového portfolia, které bude opět sestaveno na další 3 měsíce, je nutné provést predikci parametrů modelu i na toto další období. Výchozími hodnotami pro predikci na další tři měsíce, jsou očekávané hodnoty po prvních třech měsících. Postup predikce je stejný (viz výše). Očekávané hodnoty kurzů po dalších 3 měsících (tj. po půl roce od zahájení investice) jsou uvedeny spolu s očekávanými výnosy (opět 3 měsíčními) a směrodatnými odchylkami v Tab. 4.3.

Tab. 4.3 – Hodnoty parametrů na další 3 měsíce

	$E(R_i)$	TN	$r_{dú}$ - p.a.	$r_{dú}$ - 3 měs.	$E(R_{i-o})$	$\sigma(R_i)$	Očekávaný budoucí kurz	
							Nákup	*Prodej*
USD	2,32%	2,12%	1,05%	0,263%	0,46%	0,65%	23,452	23,949
EUR	0,45%	3,85%	1,27%	0,318%	-3,09%	1,60%	27,996	29,112
JPY	16,43%	7,10%	0,01%	0,003%	9,32%	3,76%	28,765	30,610
GBP	0,59%	3,92%	1,25%	0,313%	-3,02%	0,12%	31,328	32,599
CHF	0,59%	3,60%	0,11%	0,028%	-2,98%	0,15%	19,020	19,725
CZK	0,00%	0,00%	1,20%	0,300%	0,30%	0,00%	1	1

Srovnáním Tab. 4.3 s Tab. 4.2 si lze např. všimnout méně než dvojnásobného očekávaného výnosu JPY (z 10,21% na 16,43%) a více než ztrojnásobení jeho směrodatné odchylky (z 1,13% na 3,76%). Kurzy zahraničních měn opět nabývají vyšších hodnot, než jsou jejich očekávané hodnoty po prvních 3 měsících. Je tedy očekáváno další znehodnocení české měny, s čímž souvisí i kladné očekávané měnové výnosy těchto měn. Kladné výnosy po očištění o transakční náklady jsou očekávány u JPY, USD a samozřejmě u CZK.

4.2 Sestavení portfolia

Jelikož není sestavováno tržní portfolio, vychází se při sestavování portfolia z Markowitzova modelu (viz podkapitola 2.2.3), přestože možnost investovat i do bezrizikového aktiva (tj. CZK) je jedním ze znaků Tobinova modelu (viz podkapitola 2.1.3). Omezující podmínky modelu jsou přizpůsobeny požadavkům na sestavení portfolia, které jsou následující:

- podíl jednotlivých měn v portfoliu nesmí být větší než 75%,
- měny nelze zapůjčovat, jejich podíl v portfoliu tedy nesmí být záporný,
- je nutné investovat minimálně do 3 různých měn,
- je možné investovat i do bezrizikového aktiva (CZK),
- hodnoty všech měn musí splňovat požadavek minimálního vkladu příslušných účtů.

4.2.1 Postup sestavení portfolia

Nejdříve je pro všechny úlohy a efektivní portfolia (*A*, *B*, *C*, *D*, *G*) připraven vektor proměnných, propočten rozptyl, směrodatné odchylky a střední hodnota výnosu. Následuje propočet efektivního portfolia s minimálním rizikem pro portfolio *A*. Formulace úlohy pro toto portfolio je následující.

Účelová funkce $\sigma_P \rightarrow \text{min.}$

Omezující podmínky $\sum_i x_i = 1,$ (P1)

$75\% \geq x_i \geq mv$, nebo $x_i = 0$, pro $i = 1,2,...N$, (P2)

počet $x_i \geq 3$, pro $x_i \geq 0$, $i = 1,2,...N$, (P3)

kde $\sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}}$. (R1)

Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná minimální směrodatná odchylka portfolia. Podmínkou (P1) je stanoveno, že součet všech relativních podílů x_i je roven jedné, je tedy možné investovat jen tolik prostředků, kolik jich je k dispozici. Podmínka (P2) je podmínkou nezápornosti, jelikož není dovolen krátký prodej, je jí také stanoven požadovaný maximální podíl na portfoliu ve výši 75%. Podmínkou (P2) je rovněž stanoveno, že do jednotlivé měny musí mít na portfoliu alespoň daný minimální podíl (mv), nebo do nich nelze investovat vůbec. Podmínka (P3) je podmínkou minimálního počtu měn, do kterých je investováno. Rovnicí (R1) je formulován výpočet směrodatné odchylky portfolia.

Optimální složení portfolia je nalezeno pomocí *Řešitele* jako úloha nelineárního programování. Dále dochází k propočtu efektivního portfolia s maximálním očekávaným výnosem pro portfolio *G*. Formulace této úlohy je následující.

Účelová funkce $E(R_P) \rightarrow \text{max.}$

Omezující podmínky $\sum_i x_i = 1,$ (P1)

$75\% \geq x_i \geq mv$, nebo $x_i = 0$, pro $i = 1,2,...N$, (P2)

počet $x_i \geq 3$, pro $x_i \geq 0$, $i = 1,2,...N$, (P3) kde $$E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_{i-o}) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}_o). \qquad \text{(R1)}$$

Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná maximální hodnota očekávaného výnosu při daných omezeních. Podmínky (P1), (P2) a (P3) jsou shodné s úlohou *A*. Rovnicí (R1) je formulován výpočet střední hodnoty výnosu hledaného portfolia, přičemž $E(R_P)$ je výnos portfolia očištěný o transakční náklady, $E(R_{i-o})$ je očištěný výnos i-tého aktiva a $E(\vec{R}_o)$ je vektor očištěných výnosů jednotlivých aktiv.

Řešení je nalezeno pomocí *Řešitele* jako úloha nelineárního programování. Poté je propočten ekvidistantní interval (krok; EI) středního výnosu portfolií,

$$EI = \frac{E(R_{P_B}) - E(R_{P_A})}{4}.$$

Následně je proveden dopočet generovaných ekvidistantních bodů $E(R_{P_j})$ pro vnitřní efektivní portfolia (*B*, *C*, *D*),

$$E(R_{P_j}) = E(R_{P_{j-1}}) + EI .$$

Následuje postupný optimalizační propočet složení efektivních portfolií *B*, *C* a *D* pomocí *Řešitele* podle následující formulace.

Účelová funkce $\sigma_P \rightarrow \min.$

Omezující podmínky $\sum_i x_i = 1,$ (P1)

$x_i \geq 0$, pro $i = 1,2,...N$, (P2)

$x_i \leq 75\%$, pro $i = 1,2,...N$, (P3)

$x_i \geq mv$, nebo $x_i = 0$, pro $i = 1,2,...N$, (P4)

počet $x_i \geq 3$, pro $x_i \geq 0$, $i = 1,2,...N$, (P5)

$E(R_P) = E(R_{P-generované})$, (P6)

kde $$\sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}} , \qquad \text{(R1)}$$

$$E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_{i-o}) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}_o). \qquad \text{(R2)}$$

Úloha slouží k nalezení efektivního portfolia pro předem stanovenou (generovanou) hodnotu očekávaného výnosu portfolia. Účelovou funkcí je vyjádřena hledaná minimální směrodatná odchylka portfolia. Podmínky (P1) až (P5) jsou shodné s předchozími úlohami. Podmínkou (P6) je zajištěn požadavek, že očekávaný výnos $E(R_P)$ efektivního portfolia se bude rovnat požadované střední hodnotě výnosu $E(R_{P-generované})$ v ekvidistantním bodě stanoveném předem.

Jelikož je při sestavování portfolia počítáno se čtvrtletními výnosy jednotlivých účtů i měn, je vypočtený výnos portfolií také čtvrtletní.

4.2.2 Struktura a parametry sestaveného portfolia

Struktura a parametry portfolia sestaveného výše uvedeným způsobem je uvedena v Tab. 4.4.

Tab. 4.4 – Struktura a parametry sestaveného portfolia

	A	*B*	*C*	*D*	*E*
X_{USD}	-	-	-	-	-
X_{EUR}	-	-	-	-	-
X_{JPY}	0,5%	13,0%	31,6%	53,3%	75,0%
X_{GBP}	24,5%	12,0%	7,7%	7,7%	7,7%
X_{CHF}	-	-	-	-	-
X_{CZK}	75,0%	75,0%	60,6%	39,0%	17,3%
σ_P	0,02%	0,15%	0,36%	0,60%	0,85%
$E(R_P)_{s\ TN}$	-0,59%	0,52%	1,64%	2,75%	3,87%

Z tabulky 4.4 je patrné, že v případě realizace investice podle portfolia *A*, je očekávaná ztráta ve výši 0,59%, tj. 1 479 CZK. Tato ztráta je způsobena vyššími očekávanými transakčními náklady (*TN*) než je očekávaný výnos měn. Maximálně lze dosáhnout výnosu

3,87% investováním do JPY (75%), CZK (17,3%) a GBP (7,7%). V žádném ze sestavených portfolií není investováno do USD, EUR či CHF.

Pokud by při sestavování optimálních portfolií měn nebylo s transakčními náklady počítáno, měla by výsledná portfolia odlišnou podobu, která je uvedena v Tab. 4.5.

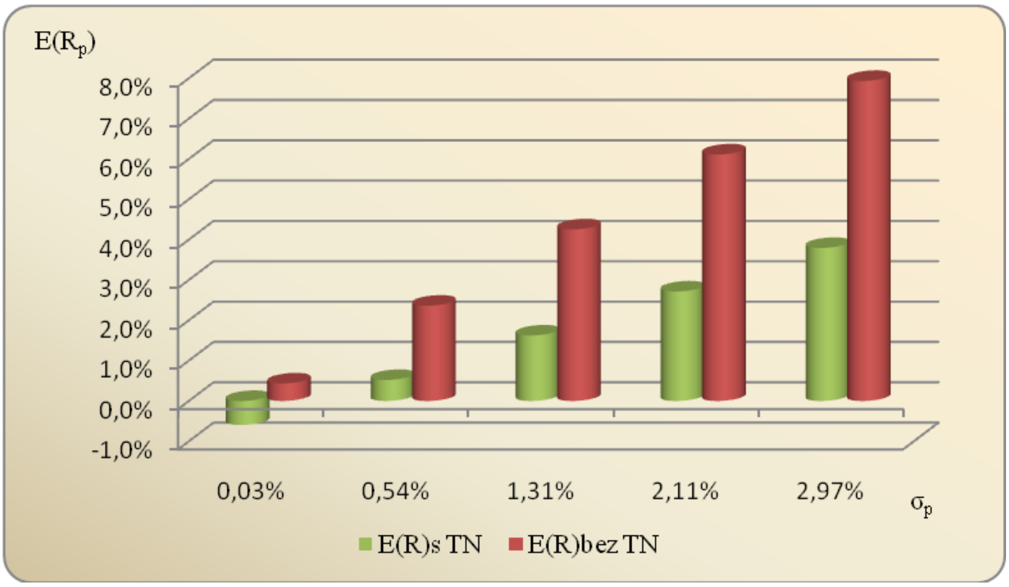
Tab. 4.5 - Struktura a parametry portfolia sestaveného bez zahrnutí transakčních nákladů

	A	*B*	*C*	*D*	*E*
X_{USD}	-	-	-	-	23,0%
X_{EUR}	11,5%	-	-	-	-
X_{JPY}	-	16,6%	37,1%	58,2%	75,0%
X_{GBP}	13,5%	75,0%	60,9%	39,8%	-
X_{CHF}	-	-	-	-	-
X_{CZK}	75,0%	8,4%	2,0%	2,0%	2,0%
σ_P	0,02%	0,19%	0,42%	0,66%	0,98%
$E(R_P)_{bez\ TN}$	0,43%	2,39%	4,35%	6,30%	8,26%

V případě, kdy není s transakčními náklady počítáno (Tab. 4.5), je očekávaný výnos všech portfolií kladný a jeho hodnota je od 0,43% do 8,26%. V tomto případě je investováno i do jiných měn, než v případě zahrnutí transakčních nákladů. Jedná se o investici do EUR (11,5%) v portfoliu *A* a do USD (23,0%) v portfoliu *E*.

Srovnání očekávaného výnosu portfolií je rovněž znázorněno v Grafu 4.1.

Graf 4.1 – Výnosy portfolií



Z Grafu 4.1 je patrné, že nejvyššího výnosu (s nejvyšším rizikem) lze dosáhnout při sestavení portfolia *E*, jenž je v případě zahrnutí transakčních nákladů roven téměř 4%, v případě jejich nezahrnutí dokonce přesahuje 8%. Uvedené hodnoty jsou čtvrtletní, konkrétní očekávaná hodnota portfolia v CZK je uvedena v příloze 6. Pro zajímavost lze uvést, že v případě investování jen do bezrizikového aktiva, by investor dosáhl výnosu 0,3%.

4.3 Nová portfolia

Po 3 měsících od sestavení původního portfolia je provedeno sestavení nového portfolia. Optimální portfolia jsou sestavena podle stejného postupu, který je uveden v předcházejících podkapitolách 4.1 a 4.2, přičemž za aktuální hodnoty jsou považovány hodnoty očekávané po prvních třech měsících. Hodnoty parametrů očekávaných po dalších 3 měsících (tj. po půl roce od sestavení původního portfolia) jsou uvedeny v Tab. 4.6.

Tab. 4.6 – Vstupní parametry pro sestavení nových portfolií

	$E(R_i)$	TN	$r_{dú}$ - p.a.	$r_{dú}$ - 3 měs.	$E(R_{i-o})$	$\sigma(R_i)$	Očekávaný budoucí kurz	
							Nákup	*Prodej*
USD	2,32%	2,12%	1,05%	0,263%	0,46%	0,65%	23,452	23,949
EUR	0,45%	3,85%	1,27%	0,318%	-3,09%	1,60%	27,996	29,112
JPY	16,43%	7,10%	0,01%	0,003%	9,32%	3,76%	28,765	30,610
GBP	0,59%	3,92%	1,25%	0,313%	-3,02%	0,12%	31,328	32,599
CHF	0,59%	3,60%	0,11%	0,028%	-2,98%	0,15%	19,020	19,725
CZK	0,00%	0,00%	1,20%	0,300%	0,30%	0,00%	1	1

Očekávaný budoucí kurz uvedený v tabulce 4.6 je očekávaným kurzem za další tři měsíce, tj. v době uplynutí půl roku od sestavení původního portfolia. Ostatní hodnoty jsou opět čtvrtletní, jelikož nové portfolio je sestaveno opět na 3 měsíce. Při sestavování nových portfolií jsou použity stejné výnosy účtů, jako v případě vytvoření původního portfolia.

Vzhledem k tomu, že byla sestavována portfolia pro šest[2] investorů s různým vztahem k riziku, tj. pro různé směrodatné odchylky, je při novém sestavení portfolií vycházeno z konečného zůstatku jednotlivých portfolií po prvních 3 měsících (v CZK). Nová portfolia jsou opět sestavována pro 6 různých směrodatných odchylek (včetně nulové). Lze tak brát v úvahu i případ, kdy by se postoj k riziku těchto 6 investorů po prvních 3 měsících změnil.

Portfolia jsou tedy vytvořena v 6 různých scénářích, přičemž, první scénář vychází z konečné hodnoty původního bezrizikového portfolia *F*, scénář 2 vychází z konečné hodnoty původního portfolia *A*, scénář 3 vychází z konečné hodnoty původního portfolia *B* atd.

Složení nových portfolií *A* až *E* pro jednotlivé scénáře i jejich směrodatné odchylky se liší minimálně, řádově v setinách procenta. Lze tedy říci, že ani v žádném případně ze zkoumaných složení původních portfolií nezvýšil výnos jejich hodnotu natolik, aby se výrazně změnil minimální procentní podíl daných měn (souvisí s podmínkou minimálního vkladu). Průměrné složení nových portfolií je ukázáno v Tab. 4.7.

[2] Pozn.: šest, když je brána v úvahu i investice jen do bezrizikového aktiva (CZK), tj. portfolio F, přestože jinak neodpovídá požadavkům na sestavení portfolia uvedeným v úvodu podkapitoly 4.2.

Tab. 4.7 – Průměrné složení nových portfolií včetně parametrů

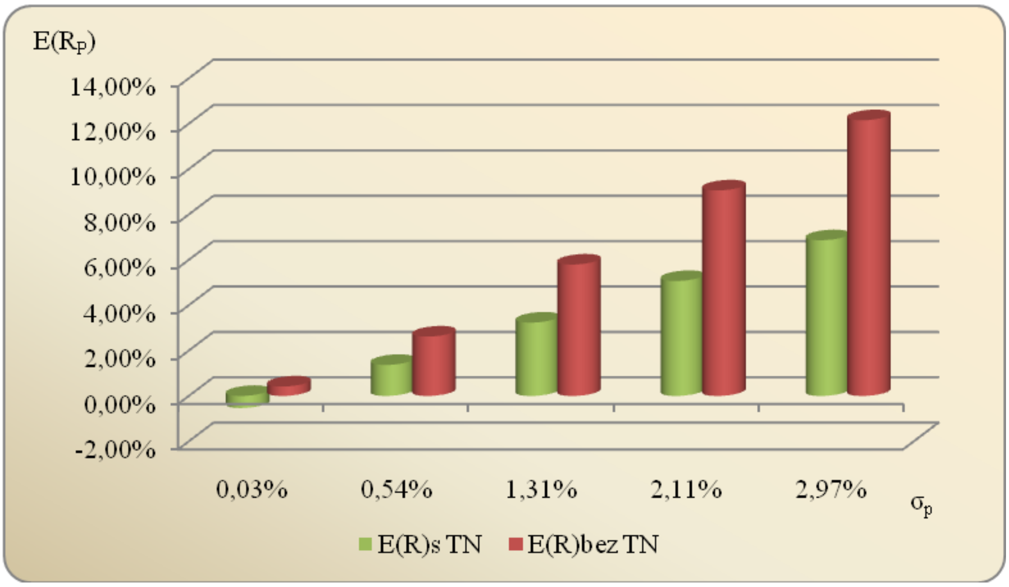
	A	*B*	*C*	*D*	*E*
X_{USD}	-	13,3%	9,2%	9,2%	23,0%
X_{EUR}	-	-	-	-	-
X_{JPY}	-	11,7%	32,9%	54,1%	75,0%
X_{GBP}	12,8%	-	-	-	-
X_{CHF}	12,4%	-	-	-	-
X_{CZK}	74,8%	75,0%	57,8%	36,7%	2,0%
σ_P	0,03%	0,54%	1,31%	2,11%	2,97%
$E(R)_{s\ TN}$	-0,53%	1,37%	3,23%	5,07%	6,86%
$E(R)_{bez\ TN}$	0,42%	2,62%	5,79%	9,06%	12,15%

Porovnáním tabulek 4.4 a 4.7 lze vidět, že zatímco při sestavování původních portfolií nebylo v žádném z případů investováno do CHF, po sestavení nových portfolií je v novém portfoliu A do této měny investováno 12,4%. Do EUR opět není investováno ani v jednom z portfolií.

I v případě, že transakční náklady nejsou brány v úvahu, mají portfolia stejnou strukturu téměř pro všechny scénáře. Složení portfolií *A* a *E* uvedené v Tab. 4.7 je průměrným složením těchto portfolií pro všechny scénáře, portfolia *B*, *C*, *D* uvedená v tabulce jsou průměrným složením těchto portfolií pro všechny scénáře s výjimkou scénáře 1. V případě tohoto scénáře je portfolio *B* složeno z USD (75%), GBP (21,9%) a JPY (3,1%), portfolio *C* je složeno z USD (66,9%), JPY (25,4%) a GBP (7,7%) a portfolio *D* z JPY (50,8%), USD (41,5%) a GBP (7,7%). EUR není ani v případě nezahrnutí transakčních nákladů součástí některého z portfolií.

V Tab. 4.7 je také uveden výnos nově sestavených portfolií, který se vztahuje k hodnotě portfolia v okamžiku jeho sestavení. Jedná se tedy opět o čtvrtletní výnosy. Důvod ztráty 0,53% u nového portfolia *A* v případě zahrnutí transakčních nákladů je stejný jako v případě ztráty původního portfolia, ztráta je tedy zapříčiněna vyššími očekávanými transakčními náklady (*TN*) než je očekávaný výnos měn. V případě nezapočtení transakčních nákladů je očekávaný výnos portfolia kladný a jeho hodnota je 0,42%. Rozdíl průměrných výnosů portfolií je rovněž znázorněn v Grafu 4.2.

Graf 4.2 – Srovnání průměrných výnosů portfolií



Porovnáním Grafu 4.1 a Grafu 4.2 lze zjistit, že zatímco v případě původního portfolia byl maximální rozdíl výnosů bez zahrnutí transakčních nákladů a výnosů se zohledněním těchto nákladů maximálně něco málo přes 4%, v případě nových průměrných portfolií je tento maximální rozdíl roven více než 5%.

4.4 *Celkový výnos portfolia*

V předchozích podkapitolách 4.1 až 4.3 byla sestavena optimální portfolia měn pro 6 investorů s různým vztahem k riziku (včetně toho, jenž investuje jen do bezrizikového aktiva). V této podkapitole bude provedeno shrnutí zjištěných výsledků. Výnosy nových portfolií, jež jsou v předchozí podkapitole 4.3 počítány ve vztahu k výchozí hodnotě v čase jejich sestavení, budou přepočteny a uvedeny ve vztahu k původní investované částce (tj. 250 000).

Celkové výnosy se zahrnutím transakčních nákladů pro jednotlivé scénáře jsou uvedeny v Tab. 4.8, vzhledem k tomu, že jsou vztaženy k původní částce, se jedná o výnosy půlroční.

Tab. 4.8 – Výnosy se zahrnutím transakčních nákladů

	F	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
scénář 1	0,6%	-0,3%	1,6%	3,5%	5,4%	7,2%
scénář 2	-0,3%	-1,1%	0,8%	2,6%	4,5%	6,3%
scénář 3	0,8%	0,0%	1,9%	3,8%	5,6%	7,4%
scénář 4	1,9%	1,1%	3,0%	4,9%	6,7%	8,5%
scénář 5	3,0%	2,2%	4,1%	6,0%	7,8%	9,6%
scénář 6	4,1%	3,3%	5,2%	7,0%	8,9%	10,7%

Z uvedené tabulky (Tab. 4.8) lze dojít k závěru, že investor, v závislosti na postoji k riziku, může při investování i do rizikových aktiv dosáhnout výnosu od -1,1% (tzn. ztráty) až po 10,7%. Při investici jen do bezrizikového aktiva je dosaženo jistého výnosu 0,6%. Při první investici jen do bezrizikového aktiva a následném investování i do rizikoých aktiv (scénář 1, portfolia *A* až *E*) může investor dosáhnout výnosu -0,3% (tj. ztráty) až 7,2%. První investicí i do rizikových aktiv a následném investování jen do bezrizikového aktiva (portfolio *F* scénářů 2 až 6) může být dosaženo výnosu -0,3% (tj. ztráty) až 4,1%.

Celkové výnosy bez zahrnutí transakčních nákladů pro jednotlivé scénáře jsou uvedeny v Tab. 4.9, opět se jedná o výnosy půlroční.

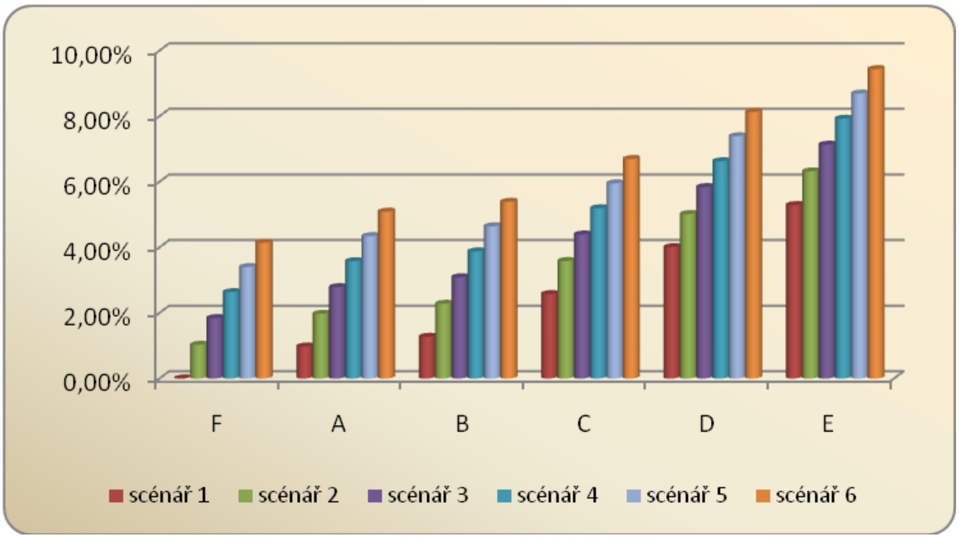
Tabulka 4.9 – Výnosy bez zahrnutí transakčních nákladů

	F	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
scénář 1	0,6%	0,7%	2,9%	6,1%	9,4%	12,5%
scénář 2	0,7%	0,8%	3,1%	6,2%	9,5%	12,6%
scénář 3	2,7%	2,8%	5,0%	8,2%	11,4%	14,5%
scénář 4	4,6%	4,7%	6,9%	10,1%	13,3%	16,4%
scénář 5	6,4%	6,5%	8,7%	11,9%	15,2%	18,3%
scénář 6	8,2%	8,4%	10,6%	13,7%	17,0%	20,1%

Výnosy uvedené v Tab. 4.9 se pohybují v rozmezí 0,6% až 20,1%. V případě investování jen do bezrizikového aktiva je dosaženo jistého výnosu 0,6%. Při první investici jen do bezrizikového aktiva a následném investování i do rizikoých aktiv (scénář 1, portfolia *A* až *E*) lze dosáhnout výnosu 0,7% až 12,5%. První investicí i do rizikových aktiv a následném investování jen do bezrizikového aktiva (portfolio *F* scénářů 2 až 6) může být dosaženo výnosu 0,7% až 8,2%.

Rozdíly ve výnosech jednotlivých portfolií (v % původní částky) jsou znázorněny v Grafu 4.3.

Graf 4.3 – Rozdíly ve výnosech jednotlivých portfolií



Z Grafu 4.3 je patrné, že rozdíl bez zahrnutí transakčních nákladů do výpočtu a s jejich zahrnutím může být více než 9%. Při veškerém investování i do rizikových aktiv (tj. u portfolií A až E scénářů 2 až 6) je minimální rozdíl ve výnosech bez zahrnutí transakčních nákladů a s jejich zahrnutím téměř 2%. Méně se transakční náklady projeví jen, pokud dojde alespoň v jednom případě (tj. u původních či nových portfolií) k investování pouze do bezrizikového aktiva.

Konkrétní očekávané hodnoty všech portfolií v CZK jsou uvedeny v Příloze 6.

4.5 Shrnutí výsledků

V předchozích podkapitolách (4.1 - 4.5) byla sestavena optimální portfolia měn pro investory s různým vztahem k riziku. Pro investování byly vybrány měny, se kterými je na světovém trhu nejvíce obchodováno, tj. USD, EUR, JPY, GBP a CHF, a CZK, jako bezrizikové aktivum. Portfolia byla sestavena podle požadavků uvedených v úvodu této (tj.

čtvrté) kapitoly pro 5 (resp. 6) investorů s různým vztahem k riziku, přičemž byla brána v úvahu také možnost, že by investoři svůj vztah k riziku po prvních 3 měsících změnili. Oním šestým investorem je investor, jenž investuje jen do bezrizikového aktiva (tj. do CZK), tím však nejsou dodrženy veškeré požadavky uvedené v úvodu kapitoly.

Se zahrnutím transakčních nákladů do výpočtu je optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce složeno z CZK (75,0%), GBP (24,5%) a JPY (0,5%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), CZK (17,3%) a GBP (7,7%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z CZK (60,6%), JPY (31,6%) a GBP (7,7%).

V případě nezahrnutí transakčních nákladů je optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce složeno z CZK (75,0%), GBP (13,5%) a EUR (11,5%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), USD (23,0%) a CZK (2,0%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z GBP (60,9%), JPY (37,1%) a CZK (2,0%).

Jelikož bylo sestaveno 5 (resp. 6) portfolií pro investory s různým vztahem k riziku, tj. pro různé směrodatné odchylky, je při novém sestavení portfolií vycházeno z konečného zůstatku jednotlivých portfolií po prvních 3 měsících (v CZK). Nová portfolia byla opět sestavována pro 5 (resp. 6) různých směrodatných odchylek. Bylo tak možno brát v úvahu i případ, kdy by se postoj k riziku těchto 6 investorů po prvních 3 měsících změnil. Portfolia byla tedy vytvořena pro 6 různých scénářů.

Složení nových portfolií pro jednotlivé scénáře i jejich směrodatné odchylky se liší minimálně, řádově v setinách procenta, a stačí tedy uvést jen jejich průměrné složení. Optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce je složeno z CZK (75,0%), GBP (12,6%) a CHF (12,4%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), USD (23,0%) a CZK (2,0%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z CZK (57,8%), JPY (33,0%) a USD (9,2%). Uvedené složení je stejné i pro případ s nezahrnutím transakčních nákladů s výjimkou portfolia s očekávaným výnosem ležícím uprostřed (tj. portfolio *C*) podle scénáře, jež je složeno z USD (66,9%), JPY (35,4%) a GBP (7,7%).

Po vypočtení celkového výnosu portfolií bylo zjištěno, že investor může, v závislosti na postoji k riziku, dosáhnout při zahrnutí transakčních nákladů do výpočtu výnosu až 10,7% (tj. 28 118 CZK), bez zahrnutí transakčních nákladů by mohl dosáhnout výnosu až 20,1% (tj. 55 632 CZK). Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 27 514 CZK (tj. 11,0% původní částky).

Ve snaze investovat do co nejméně rizikového portfolia může být po započtení transakčních nákladů dosaženo výnosu -1,1%, tj. ztráty ve výši 2 784 CZK, a v případě nezapočtení transakčních nákladů výnosu 0,8%, tj. zisku v hodnotě 2 134 CZK. Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 4 917 CZK (tj. 2,0% původní částky).

Investor, stojící přesně uprostřed dvou výše uvedených postojů k riziku může dosáhnout po započtení transakčních nákladů výnosu 4,9%, tj. 12 454 CZK, a v případě nezapočtení transakčních nákladů výnosu 10,1%, tj. 26 437 CZK. Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 13 983 CZK (tj. 5,6% původní částky).

5 Závěr

Cílem práce bylo sestavení optimálního portfolia měn se zahrnutím transakčních nákladů pro investory s různým vztahem k riziku.

V kapitole *Popis metodiky tvorby modelu* byla provedena analýza problému sestavení optimálního portfolia aktiv, poté byl popsán postup výpočtu základních parametrů a postup sestavení optimálních portfolií podle základních modelů. Nakonec byly popsány možnosti simulace náhodného vývoje finančních instrumentů včetně simulace hodnoty portfolia těchto instrumentů.

V kapitole *Popis a analýza vývoje vybraných měn* byl charakterizován devizový trh, jeho velikost a struktura včetně jejich vývoje ve vybraných letech, a to v rámci celého světa i v rámci České republiky. Dále byly zmíněny faktory ovlivňující pohyb měnového kurzu a ukázán vývoj hlavních měn v letech 1999 až 2009.

V kapitole *Optimalizace měnového portfolia se zahrnutím transakčních nákladů* byla sestavena optimální portfolia měn pro investory s různým vztahem k riziku. Portfolia byla sestavena podle požadavků uvedených v úvodu této (tj. čtvrté) kapitoly pro 5 (resp. 6) investorů s různým vztahem k riziku, přičemž byla brána v úvahu také možnost, že by investoři svůj vztah k riziku po prvních 3 měsících změnili. Oním šestým investorem je investor, jenž investuje jen do bezrizikového aktiva (tj. do CZK), tím však nejsou dodrženy veškeré požadavky uvedené v úvodu kapitoly. Nejprve byla provedena predikce parametrů modelu, poté byla pomocí takto predikovaných parametrů sestavena výchozí optimální portfolia, tj. byla zjištěna jejich složení a výnosy. Poté bylo provedeno sestavení nových portfolií a byly zjištěny celkové výnosy portfolií za sledované období. Vše bylo provedeno pro portfolia se zahrnutím transakčních nákladů ve výpočtu i pro portfolia bez zahrnutí těchto nákladů. V poslední podkapitole této kapitoly bylo provedeno závěrečné shrnutí výsledků.

Se zahrnutím transakčních nákladů do výpočtu je optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce složeno z CZK (75,0%), GBP (24,5%) a JPY (0,5%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), CZK (17,3%) a GBP (7,7%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z CZK (60,6%), JPY (31,6%) a GBP (7,7%).

V případě nezahrnutí transakčních nákladů je optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce složeno z CZK (75,0%), GBP (13,5%) a EUR (11,5%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), USD (23,0%) a CZK (2,0%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z GBP (60,9%), JPY (37,1%) a CZK (2,0%).

Jelikož bylo sestaveno 5 (resp. 6) portfolií pro investory s různým vztahem k riziku, tj. pro různé směrodatné odchylky, je při novém sestavení portfolií vycházeno z konečného zůstatku jednotlivých portfolií po prvních 3 měsících (v CZK). Nová portfolia byla opět sestavována pro 5 (resp. 6) různých směrodatných odchylek. Bylo tak možno brát v úvahu i případ, kdy by se postoj k riziku těchto 6 investorů po prvních 3 měsících změnil. Portfolia byla tedy vytvořena pro 6 různých scénářů.

Složení nových portfolií pro jednotlivé scénáře i jejich směrodatné odchylky se liší minimálně, řádově v setinách procenta, a stačí tedy uvést jen jejich průměrné složení. Optimální portfolio s minimální mírou rizika sestavené na první 3 měsíce je složeno z CZK (75,0%), GBP (12,6%) a CHF (12,4%), optimální portfolio měn s maximálním očekávaným výnosem je složeno z JPY (75,0%), USD (23,0%) a CZK (2,0%). Portfolio s očekávaným výnosem, který je přesně mezi dvěma právě zmíněnými případy, je složeno z CZK (57,8%), JPY (33,0%) a USD (9,2%). Uvedené složení je stejné i pro případ s nezahrnutím transakčních nákladů s výjimkou portfolia s očekávaným výnosem ležícím uprostřed (tj. portfolio *C*) podle scénáře, jež je složeno z USD (66,9%), JPY (35,4%) a GBP (7,7%).

Po vypočtení celkového výnosu portfolií bylo zjištěno, že investor může, v závislosti na postoji k riziku, dosáhnout při zahrnutí transakčních nákladů do výpočtu výnosu až 10,7% (tj. 28 118 CZK), bez zahrnutí transakčních nákladů by mohl dosáhnout výnosu až 20,1% (tj. 55 632 CZK). Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 27 514 CZK (tj. 11,0% původní částky).

Ve snaze investovat do co nejméně rizikového portfolia může být po započtení transakčních nákladů dosaženo výnosu -1,1%, tj. ztráty ve výši 2 784 CZK, a v případě nezapočtení transakčních nákladů výnosu 0,8%, tj. zisku v hodnotě 2 134 CZK. Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 4 917 CZK (tj. 2,0% původní částky).

Investor, stojící přesně uprostřed dvou výše uvedených postojů k riziku může dosáhnout po započtení transakčních nákladů výnosu 4,9%, tj. 12 454 CZK, a v případě nezapočtení transakčních nákladů výnosu 10,1%, tj. 26 437 CZK. Hodnota transakčních nákladů je tedy v tomto případě 13 983 CZK (tj. 5,6% původní částky).

Vzhledem k tomu, že při predikci kurzů vybraných měn, byly brány v úvahu vzájemné korelace těchto měn, jinak byl jejich vývoj považován za náhodný a nebyly brány v úvahu další faktory ovlivňující hodnotu kurzu (např. politická situace), mohou se skutečné výnosy těchto portfolií od očekávaných výnosů i výrazněji lišit.

Seznam použité literatury

Tradiční literatura

DARST, David M. *Mastering the Art of Asset Allocation : Comprehensive Approaches to Managing Risk and Optimizing Returns*. New York: McGraw-Hill, 2007. 530 s. ISBN 0-07-146334-8.

DURČÁKOVÁ, Jaroslava; MANDEL, Martin. *Mezinárodní finance*. 3. rozšířené a doplněné vyd. Praha: Management Press, 2007. 488 s. ISBN 978-80-7261-170-6.

DURČÁKOVÁ, Jaroslava; MANDEL, Martin. *Mezinárodní finance*. Praha: Management Press, 2000. 392 s. ISBN 80-7261-017-1.

CHINCARINI, Ludwig B.; KIM, Daehwan. *Quantitative Equity Portfolio Management : An Active Approach to Portfolio Construction and Management*. New York: McGraw-Hill, 2006. 658 s. ISBN 0-07-145939-1.

REVENDA, Zbyněk a kol. *Peněžní ekonomie a bankovnictví*. 4. vyd. Praha: Management Press, 2005. 628 s. ISBN 80-7261-132-1.

ZMEŠKAL, Zdeněk a kol. *Finanční modely*. 2.vyd. Praha: EKOPRESS, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

Internet

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity 1995* [online]. 1996 [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: <http://www.bis.org/publ/r_fx96.htm>.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity 1998* [online]. 1999 [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: <http://www.bis.org/publ/r_fx98.htm>.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity 2001* [online]. 2002 [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: < http://www.bis.org/publ/rpfx02.htm>.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity 2004* [online]. 2005 [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: < http://www.bis.org/publ/rpfx05.htm>.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity 2007* [online]. 2007 [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: < http://www.bis.org/publ/rpfxf07t.htm>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (AUD)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=AUD>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (EUR)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=EUR>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (GBP)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=GBP>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (CHF)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=CHF>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (JPY)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=JPY>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry (USD)* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jjs?mena=USD>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Obraty na devizovém trhu* [online]. [citováno dne 24.3.2009]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/obraty_devizovy_trh/index.html>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Kurzovní lístek EUR* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/Csob/Kurzovni-listky/kurzovni-listek-detail.htm?Currency=EUR&DateFrom=1.9.2008&DateTo=27.2.2009>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Kurzovní lístek GBP* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/Csob/Kurzovni-listky/kurzovni-listek-detail.htm?Currency=GBP&DateFrom=1.9.2008&DateTo=27.2.2009>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Kurzovní lístek CHF* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/Csob/Kurzovni-listky/kurzovni-listek-detail.htm?Currency=CHF&DateFrom=1.9.2008&DateTo=27.2.2009>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Kurzovní lístek JPY* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/Csob/Kurzovni-listky/kurzovni-listek-detail.htm?Currency=JPY&DateFrom=1.9.2008&DateTo=27.2.2009>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Kurzovní lístek USD* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/Csob/Kurzovni-listky/kurzovni-listek-detail.htm?Currency=USD&DateFrom=1.9.2008&DateTo=27.2.2009>.

ČESKOSLOVENSKÁ OBCHODNÍ BANKA. *Úrokové sazby cizoměnových účtů* [online]. [citováno dne 3.3.2009]. Dostupné z: <http://www.csob.cz/bankcz/cz/SME/Trhy/Financni-a-kapitalove-trhy/Sazby/Urokove-sazby-cizomenovych-uctu-podnikatele-a-pravnicke-osoby.htm>.

Seznam zkratek

Zkratka	*Význam*
AUD	Australský dolar
BIS	Bank for International Settlements
CZK	Česká koruna
ČNB	Česká národní banka
ČSOB	Československá obchodní banka, a.s
DEM	Německá marka
ECU	European Currency Unit (Evropská zúčtovací jednotka)
EMS	Evropský měnový systém
EUR	Euro
FRF	Francouzský frank
GBP	Britská libra
CHF	Švýcarský frank
JPY	Japonský jen
OTC	Over the counter
SWIFT	Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications
USA	Spojené státy americké
USD	Americký dolar

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne ……………………

………………………………………..
jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

………………………………………

Seznam příloh